



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
GESTIÓN DE CALIDAD PARA EL LABORATORIO  
DE TURBOMAQUINARIA CON FINES DE  
ACREDITACIÓN ANTE EL ORGANISMO DE  
ACREDITACIÓN ECUATORIANO (OAE)”**

**Ana Beatriz Andrade Mendoza**

**Verónica Alejandra Chávez Escudero**

**TESIS DE GRADO**

**Previa a la obtención del Título de:**

**INGENIERA MECÁNICA**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2011**

**Espoch**  
Facultad de Mecánica

---

## **CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

### **CONSEJO DIRECTIVO**

Febrero, 07 del 2011

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**ANA BEATRIZ ANDRADE MENDOZA**

---

Titulada:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD  
PARA EL LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA CON FINES DE  
ACREDITACIÓN ANTE EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO  
(OAE)”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERA MECÁNICA**

---

Ing. Eduardo Villota  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Pacífico Riofrío.  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Geovanny Novillo A  
ASESOR DE TESIS

# Espoch

Facultad de Mecánica

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** ANA BEATRIZ ANDRADE MENDOZA

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PARA EL LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA CON FINES DE ACREDITACIÓN ANTE EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO (OAE)”

**Fecha de Exanimación:** Febrero, 07 de 2011

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. EDUARDO VILLOTA (Presidente Trib. Defensa)			
ING. PACÍFICO RIOFRÍO. (Director de Tesis)			
ING. GEOVANNY NOVILLO A. (Asesor)			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

\_\_\_\_\_  
f) Presidente del Tribunal

**Espoch**  
Facultad de Mecánica

---

## **CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

### **CONSEJO DIRECTIVO**

Febrero, 07 de 2011

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**VERÓNICA ALEJANDRA CHÁVEZ ESCUDERO**

---

Titulada:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD  
PARA EL LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA CON FINES DE  
ACREDITACIÓN ANTE EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO  
(OAE)”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERA MECÁNICA**

---

Ing. Eduardo Villota  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Pacífico Riofrío.  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Geovanny Novillo A  
ASESOR DE TESIS

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** VERÓNICA ALEJANDRA CHÁVEZ ESCUDERO

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PARA EL LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA CON FINES DE ACREDITACIÓN ANTE EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO (OAE)”

**Fecha de Exanimación:** Febrero, 07 de 2011

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. EDUARDO VILLOTA (Presidente Trib. Defensa)			
ING. PACÍFICO RIOFRÍO. (Director de Tesis)			
ING. GEOVANNY NOVILLO A. (Asesor)			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

\_\_\_\_\_  
f) Presidente del Tribunal

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de las autoras. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

f) Ana Beatriz Andrade Mendoza

---

f) Verónica Alejandra Chávez Escudero

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a Dios y a la Santísima Virgen del Cisne el haber culminado con éxito mi carrera de Ingeniería y haberme bendecido con una maravillosa familia.

A mis queridos Padres Armando y Pilar por guiarme en el camino correcto, brindarme sus consejos y su apoyo incondicional.

A mis Hermanos Raúl, Jimena y Luis que han sido el pilar fundamental para la culminación de este logro.

A la persona que siempre estuvo a mi lado mi abuelito Luis. A mis abuelitos Rosita, Guillermo y Beatriz quienes en vida me enseñaron a luchar para alcanzar mis sueños.

A mis amigos que siempre me han estado a mi lado y con los cuales he contado desde que los conocí, gracias por el apoyo incondicional, gracias por los cinco años.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica y un sentimiento de gratitud a la Escuela de Ingeniería Mecánica.

A todos mis profesores y en especial a los Sres. Ing. Pacífico Riofrío e Ing. Geovanny Novillo, quienes me han brindado su confianza y colaboración desinteresada para que el presente trabajo sea llevado a cabo.

*A.B.A.M*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Virgen Dolorosa por ser quien ha estado a mi lado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día y seguir adelante rompiendo todas las barreras que se me presentaron. Les agradezco a mis padres ya que gracias a ellos soy quien soy hoy en día, fueron los que me dieron ese cariño y calor humano necesario, los que han velado por mí, son a ellos a quien les debo todo, horas de consejos, de regaños, de reprimendas, de tristezas y de alegrías de las cuales estoy muy segura lo han hecho con todo el amor del mundo para formarme como una mujer integral.

También les agradezco a mis amigos más cercanos, a esos amigos que siempre me han acompañado y con los cuales he contado desde que los conocí, muchas gracias por el apoyo incondicional que me han brindado, gracias por los cinco años de completa alegría y triunfos.

A todos mis profesores y en especial al. Ing. Pacífico Riofrío e Ing. Geovanny Novillo, quienes con su colaboración desinteresada me ayudaron a terminar con éxito el trabajo de tesis.

V.A.C.H.E

## **DEDICATORIA**



La presente tesis de grado lo dedico con amor a mi incondicional familia.

Con amor, respeto y gran admiración dedico este caro anhelo a mis queridos Padres Armando y Pilar por su incalculable sacrificio y abnegación y que son la razón de ser de mi existencia.

A mis buenos Hermanos Raúl, Jimena y Luis que no han dejado que mi ilusión por ser una gran profesional desmaye. A mi abuelito Luis, a Rosita, Guillermo y Beatriz que nunca me dejaron sola.

A mis queridas tías que con su fortaleza y consejos han fortalecido mis ganas de seguir adelante.

A todas aquellas personas que confiaron en Mí.

*A.B.A.M*

## **DEDICATORIA**

Dedico la presente tesis a los seres más importantes en mi vida, mis padres Luis y Anita, mi hermano Luis Esteban por creer en mí, por ser la fuente de mi inspiración y motivación para superarme cada día más, por su amor, paciencia, comprensión y motivación

V.A.C.H.E

## TABLA DE CONTENIDOS

### CAPÍTULO

### PÁGINA

#### **1. GENERALIDADES**

1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación.....	1
1.3	Objetivos.....	2
1.3.1	Objetivo general.....	2
1.3.2	Objetivos específicos.....	2

#### **2. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO**

2.1	Alcance de la Norma NTE INEN 17025.....	3
2.2	Norma ISO 9000.....	3
2.2.1	Generalidades.....	3
2.3	Introducción a la Norma ISO 9001.....	4
2.3.1	La norma de gestión de calidad ISO 9001.....	4
2.3.2	Nomenclatura básica para la Norma ISO 9001.....	4
2.3.2.1	Sistema administrativo de calidad.....	4
2.3.2.2	ISO 9000.....	5
2.3.2.3	Procesos.....	5
2.3.2.4	Calidad - concepto.....	5
2.3.2.5	Control de calidad.....	6
2.3.2.6	Gestión de calidad.....	6
2.3.2.7	Calidad total – excelencia .....	6
2.4	Certificación en la gestión de calidad.....	6
2.5	Los ocho principios básicos de la gestión de calidad.....	7
2.5.1	Organización enfocada al cliente.....	7
2.5.1.1	Que implica la calidad en el servicio al cliente.....	7
2.5.2	Liderazgo.....	7
2.5.3	Participación de todo el personal.....	8
2.5.4	Enfoque a procesos.....	8
2.5.4.1	Comprensión de enfoque basado en procesos.....	8
2.5.4.2	El ciclo P-H-V-A y el enfoque de proceso.....	8
2.5.5	Enfoque del sistema hacia la gestión.....	9
2.5.6	La mejora continua.....	10
2.5.7	Enfoque basado en hechos para la toma de decisiones .....	10
2.5.8	Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor.....	10

#### **3. REQUISITOS PARTICULARES RELATIVOS A LA CALIDAD Y LA COMPETENCIA**

3.1	Estrategia y organización.....	11
3.1.1	Estructura organizacional - cadena de valor.....	12
3.1.2	Descripciones de cargo y responsabilidades.....	13
3.1.2.1	Jefe de laboratorio.....	13
3.1.2.2	Ayudante de laboratorio.....	14
3.1.3	Definiciones.....	15
3.1.4	Desarrollo del procedimiento.....	15
3.1.4.1	Organización.....	15
3.1.4.2	Protección personal.....	16
3.1.5	Procedimiento de trabajo seguro.....	16
3.1.6	Protección de las instalaciones.....	16
3.1.6.1	Señalización.....	16
3.1.6.2	Almacenamiento de herramientas y equipos.....	17
3.2	Procedimiento en caso de incendios.....	18
3.2.1	Responsabilidades.....	18

3.2.2	Definiciones.....	18
3.2.3	Desarrollo del procedimiento.....	19
3.3	Instructivo de emergencias .....	20
3.3.1	Responsabilidades.....	20
3.3.2	Descripción.....	20
3.4	Procedimiento para la supervisión ambiental.....	20
3.4.1	Responsabilidades.....	20
3.4.2	Definiciones.....	20
3.4.3	Desarrollo del procedimiento.....	21
3.4.3.1	Consideraciones generales.....	21
3.4.3.2	Metodología de supervisión .....	21
3.4.3.3	Obligaciones.....	22
3.5	Procedimiento para el manejo de electricidad.....	22
3.5.1	Responsabilidades.....	22
3.5.2	Definiciones .....	22
3.5.3	Desarrollo del procedimiento .....	23
3.6	Procedimiento para el manejo en la etapa de mantenimiento.....	23
3.6.1	Generalidades.....	24
3.6.2	Identificación.....	25
3.6.3	Seguridad.....	25
3.6.4	Capacitación.....	26
3.6.5	Control de riesgos.....	26
3.6.6	Inspecciones.....	27
3.6.7	Equipos y herramientas.....	28
3.6.7.1	Banco de pruebas de la turbina Pelton.....	28
3.6.7.2	Banco de pruebas de la turbina Francis.....	28
3.6.7.3	Banco de pruebas de la turbina Kaplan.....	29
3.6.7.4	Banco de pruebas de la bomba Centrífuga.....	30
3.6.7.5	Banco de pruebas de la bomba Reciprocante.....	31
3.6.7.6	Banco de pruebas de la chimenea de Equilibrio.....	32
3.6.8	Orden y limpieza .....	33

#### 4. REQUISITOS RELATIVOS A LA GESTIÓN DE CALIDAD

4.1	Organización.....	34
4.2	Sistema de gestión.....	34
4.3	Control de los documentos.....	35
4.3.1	Generalidades.....	35
4.3.2	Aprobación y emisión de los documentos.....	36
4.3.3	Cambios a los documentos .....	36
4.3.4	Desarrollo revisión de los pedidos, ofertas y contratos.....	377
4.4	Subcontratación de ensayos y calibraciones.....	37
4.5	Compra de servicios y suministros.....	37
4.6	Servicios al cliente.....	39
4.7	Control de trabajos de ensayos y calibraciones no conforme.....	40
4.8	Mejora .....	40
4.9	Acciones correctivas.....	40
4.9.1	Generalidades.....	40
4.9.2	Análisis de causa.....	41
4.9.3	Selección e implementación de las acciones correctivas.....	41
4.9.4	Seguimiento a las acciones correctivas.....	41
4.9.5	Auditorías adicionales.....	41
4.10	Acciones preventivas.....	41
4.11	Control de los registros.....	41
4.11.1	Generalidades.....	41
4.11.2	Registros técnicos.....	42
4.12	Auditorías externas e internas.....	42
4.13	Revisiones por la dirección.....	43

## 5. REQUISITOS TÉCNICOS PARA LA APLICACIÓN DE LA NORMA

5.1	Generalidades.....	44
5.2	Personal .....	44
5.3	Instalaciones y condiciones ambientales.....	45
5.4	Métodos de ensayo, calibración y validación de los métodos.....	45
5.4.1	Generalidades.....	45
5.4.2	Selección de los métodos.....	46
5.4.3	Métodos desarrollados para el laboratorio.....	46
5.4.4	Métodos no normalizados.....	46
5.4.5	Validación de los métodos.....	47
5.4.6	Estimación de la incertidumbre de la medición.....	47
5.4.7	Control de los datos.....	48
5.5	Equipos.....	48
5.6	Trazabilidad de las mediciones.....	48
5.6.1	Generalidades.....	48
5.6.2	Requisitos específicos.....	49
5.6.3	Patrones de referencia y materiales de referencia.....	49
5.7	Muestreo.....	50
5.8	Manipulación de los ítems de ensayo y calibración.....	50
5.9	Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y de calibración.....	51
5.10	Informe de los resultados.....	51
5.10.1	Informes de ensayo.....	51
5.10.2	Informes de calibración.....	51
5.10.3	Opiniones o interpretaciones.....	52
5.10.4	Presentación de los informes y certificados.....	52
5.10.5	Modificaciones a los informes de ensayo y a los certificados de calibración.....	52

## 6. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS EN EL LABORATORIO DE TURBO MÁQUINAS

6.1	Turbina Pelton.....	53
6.1.1	Banco de pruebas de la turbina Pelton.....	54
6.1.2	Principio de funcionamiento de la turbina Pelton.....	55
6.1.3	Curvas características (ISOEFICIENCIA) de la turbina Pelton.....	56
6.1.4	Plan de mantenimiento.....	56
6.1.5	Plan de seguridad.....	56
6.2	Turbina Francis.....	58
6.2.1	Banco de pruebas de la turbina Francis.....	59
6.2.2	Principio de funcionamiento de la turbina Francis.....	59
6.2.3	Curvas características de la turbina Francis.....	60
6.2.4	Plan de mantenimiento.....	60
6.2.5	Plan de seguridad.....	61
6.3	Turbina Kaplan.....	62
6.3.1	Banco de pruebas de la turbina Kaplan.....	63
6.3.2	Principio de funcionamiento de la turbina Kaplan.....	64
6.3.3	Curvas características de la turbina Kaplan.....	64
6.3.4	Plan de mantenimiento.....	65
6.3.5	Plan de seguridad.....	65
6.4	Bomba Centrífuga .....	67
6.4.1	Banco de pruebas de la bomba centrífuga.....	68
6.4.2	Principio de funcionamiento de la bomba centrífuga.....	68
6.4.3	Curvas características de la bomba centrífuga.....	70
6.4.4	Plan de mantenimiento.....	70
6.4.5	Plan de seguridad.....	71
6.5	Bomba Reciprocante.....	73
6.5.1	Banco de pruebas de la bomba reciprocante.....	73
6.5.2	Principio de funcionamiento de la bomba reciprocante.....	74
6.5.3	Curvas características de la bomba reciprocante.....	75
6.5.4	Plan de mantenimiento.....	75
6.5.5	Plan de seguridad.....	75

6.6	Chimenea de equilibrio.....	78
6.6.1	Banco de pruebas de la chimenea de equilibrio.....	78
6.6.2	Principio de funcionamiento de la chimenea de equilibrio.....	79
6.6.3	Curvas características de la chimenea de equilibrio.....	80
6.6.4	Plan de mantenimiento.....	81
6.6.5	Plan de seguridad.....	81
6.7	Salud ocupacional.....	83
6.7.1	Normas de referencia.....	83
6.7.2	Definiciones.....	83
6.7.3	Elementos del sistema de gestión de calidad.....	84
6.7.3.1	Requisitos generales.....	84
6.7.3.2	Política de seguridad y salud ocupacional.....	84
6.7.3.3	Desarrollo del programa.....	84
6.7.3.4	Plan de emergencias.....	87

## 7. CALIBRACIÓN, ENSAYOS E INSTRUCTIVOS PARA LAS PRUEBAS DE LABORATORIO.

7.1	Turbina Pelton.....	89
7.1.1	Calibración de los equipos y guía de laboratorio.....	89
7.1.2	Pruebas y análisis de resultados .....	96
7.2	Turbina Francis.....	99
7.2.1	Calibración de los equipos y guía de laboratorio.....	99
7.2.2	Pruebas y análisis de resultados .....	106
7.3	Turbina Kaplan.....	109
7.3.1	Calibración de los equipos y guía de laboratorio.....	109
7.3.2	Pruebas y análisis de resultados .....	120
7.4	Bomba Centrífuga .....	124
7.4.1	Calibración de los equipos y guía de laboratorio.....	124
7.4.2	Pruebas y análisis de resultados .....	132
7.5	Bomba Reciprocante.....	135
7.5.1	Calibración de los equipos y guía de laboratorio.....	135
7.5.2	Pruebas y análisis de resultados .....	143
7.6	Chimenea de Equilibrio.....	147
7.6.1	Calibración de los equipos y guía de laboratorio.....	147
7.7	Resultados .....	155
7.7.1	Solicitud de Acreditación ante el OAE (Organismo de Acreditación Ecuatoriano).....	155

## 8.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1	Conclusiones.....	159
8.2	Recomendaciones.....	160

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### BIBLIOGRAFÍA

### LINKOGRAFÍA

### ANEXOS

### PLANOS

## LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>		<u>PÁGINA</u>
3.1	Especificación de los colores de seguridad.....	17
3.2	Clasificación según los materiales inflamables.....	19
3.3	Identificación de los equipos.....	25
3.4	Identificación de los equipos.....	25
7.1	Tabla de resultados de la Turbina Pelton.....	97
7.2	Tabla de resultados de la Turbina Francis.....	107
7.3	Tabla de resultados de la Turbina Kaplan.....	121
7.4	Tabla de resultados de la Bomba Centrífuga.....	133
7.5	Tabla de resultados de la Bomba Reciprocante.....	144
7.6	Tabla de resultados de la Chimenea de Equilibrio.....	151

## LISTA DE FIGURAS

<b><u>FIGURA</u></b>		<b><u>PÁGINA</u></b>
2.1	Modelo de gestión de la calidad basada en procesos.....	7
2.2	Ciclo P-H-V-A.....	9
3.1	Cadena de valor.....	12
3.2	Organigrama estructural de la de facultad de mecánica.....	12
3.3	Tipos de extintores.....	19
3.4	Esquema de la turbina Pelton.....	28
3.5	Esquema de la turbina Francis .....	29
3.6	Esquema de la turbina Kaplan .....	30
3.7	Esquema de la bomba Centrífuga.....	31
3.8	Esquema de la bomba Reciprocante.....	32
3.9	Esquema de la chimenea de equilibrio.....	32
4.1	Diagrama de procesos .....	35
4.2	Árbol de documentación.....	35
6.1	Curvas características de la turbina Pelton.....	56
6.2	Diagrama de procesos de la turbina Pelton.....	58
6.3	Curvas características de la turbina Francis.....	60
6.4	Diagrama de procesos de la turbina Francis.....	62
6.5	Curvas características de la turbina Kaplan.....	64
6.6	Diagrama de procesos de la turbina Kaplan.....	67
6.7	Clasificación de las bombas centrífugas.....	68
6.8	Curvas características de la bomba centrífuga.....	70
6.9	Diagrama de procesos de la bomba centrífuga.....	73
6.10	Curvas características de la bomba reciprocante.....	76
6.11	Diagrama de procesos de la bomba reciprocante.....	78
6.12	Gráfica de las oscilaciones del nivel de la chimenea.....	81
6.13	Gráfico de carga de presión contra el tiempo tras el cierre repentino de la válvula	81
6.14	Gráfica Presión-tiempo diagrama que muestra la naturaleza cíclica de los pulsos de presión con deterioro debido a la fricción.....	81
6.15	Diagrama de procesos de la chimenea de equilibrio.....	84
6.16	Gráfico de recursos de emergencia.....	88
7.1	Gráfica altura neta vs caudal.....	99
7.2	Gráfica potencia de accionamiento vs caudal.....	99
7.3	Gráfica rendimiento total vs caudal.....	99
7.4	Gráfica altura neta vs caudal.....	109
7.5	Gráfica potencia de accionamiento vs caudal.....	109
7.6	Gráfica rendimiento total vs caudal.....	109
7.7	Gráfica altura neta vs caudal.....	123
7.8	Gráfica potencia de accionamiento vs caudal.....	124
7.9	Gráfica rendimiento total vs caudal.....	124
7.10	Cabeza manométrica vs caudal.....	135
7.11	Gráfica potencia de accionamiento vs caudal.....	135
7.12	Gráfica rendimiento total vs caudal.....	135
7.13	Cabeza manométrica vs caudal.....	146
7.14	Gráfica potencia de accionamiento vs caudal.....	147
7.15	Gráfica rendimiento total vs caudal.....	147
7.16	Diagrama del procedimiento de acreditación.....	159



## LISTA DE ABREVIACIONES

### ABREVIATURA

### UNIDADES

#### TURBINA PELTON

A	Área de la tubería en la entrada	m <sup>2</sup>
Cq	Coeficiente de caudal	--
d	Distancia o brazo de torque	m
D	Diámetro de la tubería de entrada de la turbina	m
h	Altura medida en la escala (vertedero)	m
g	Gravedad	m/s <sup>2</sup>
Q	Caudal	m <sup>3</sup> /s
Hn	Altura neta de la turbina	m.c.a
Pe/γ	Presión en la entrada (manómetro)	m.c.a
Pu	Potencia útil de la turbina	Cv
Pa	Potencia hidráulica absorbida de la turbina	Cv
Nt	Rendimiento total de la bomba	%
N	Número de revoluciones de la turbina	rpm
T	Torque	Kg-m
Ve	Velocidad de entrada	m/s
W	Peso	Kg

#### TURBINA FRANCIS

Ae	Área de la tubería en la entrada	m <sup>2</sup>
d	Distancia o brazo de torque	m
De	Diámetro de la tubería de entrada de la turbina	m
g	Gravedad	m/s <sup>2</sup>
Q	Caudal	m <sup>3</sup> /s
Hn	Altura neta de la turbina	m.c.a
Pe/γ	Presión en la entrada (manómetro)	m.c.a
Pu	Potencia útil de la turbina	Cv
Pa	Potencia hidráulica absorbida de la turbina	Cv
Nt	Rendimiento total de la bomba	%
N	Número de revoluciones de la turbina	rpm

T	Torque	Kg-m
Ve	Velocidad de entrada	m/s
W	Peso	Kg

#### **TURBINA KAPLAN**

Ae	Área de la tubería en la entrada	m <sup>2</sup>
As	Área de la tubería en la salida	m <sup>2</sup>
d	Distancia o brazo de torque	m
De	Diámetro de la tubería de entrada de la turbina	m
Ds	Diámetro de la tubería de salida de la turbina	m
Cq	Coefficiente de caudal	--
g	Gravedad	m/s <sup>2</sup>
Q	Caudal	m <sup>3</sup> /s
h	Lectura en el manómetro diferencial	inHg
Hn	Altura neta de la turbina	m.c.a
F	Lectura en el dinamómetro	Newton
f	Factor de fricción	--
m	Relación entre aéreas	--
Pe/γ	Lectura en el manómetro (entrada)	m.c.a
Ps/γ	Lectura en el manómetro (salida)	m.c.a
Pu	Potencia útil de la turbina	Cv
Pa	Potencia hidráulica absorbida de la turbina	Cv
Nt	Rendimiento total de la bomba	%
N	Numero de revoluciones de la turbina	rpm
T	Torque	Kg-m
Ve	Velocidad de entrada	m/s
W	Peso	Kg
Vs	Velocidad de salida	m/s
Re	Numero de Reynolds	--

#### **BOMBA CENTRÍFUGA**

d	Distancia o brazo de torque	m
Ds	Diámetro de la tubería de succión de la bomba	m
Dd	Diámetro de la tubería de descarga de la bomba	m
Hs	Altura de succión del manómetro de mercurio (bomba)	mmHg

Hd	Altura de descarga del manómetro de mercurio (bomba)	mmHg
H <sub>1</sub>	Altura del manómetro de mercurio (venturi)	mmHg
H <sub>2</sub>	Altura del manómetro de mercurio (venturi)	mmHg
N	Numero de revoluciones	rpm
Q	Caudal	m <sup>3</sup> /s
ΔH	Diferencia de alturas en el manómetro (bomba)	m.c.a
Hm	Altura generada o cabeza manométrica de la bomba	m.c.a
Pu	Potencia útil de la bomba	Cv
Pa	Potencia de accionamiento de la bomba	Cv
Nt	Rendimiento total de la bomba	%
N	Numero de revoluciones de la turbina	Rpm
T	Tiempo	seg.
V	Volumen	m <sup>3</sup>
W	Peso	Kg

### **BOMBA RECIPROCANTE**

d	Radio del brazo de torque	m
Ds	Diámetro de la tubería de succión de la bomba	m
Dd	Diámetro de la tubería de descarga de la bomba	m
Di	Diámetro exterior del tubo del tanque	m
Dt	Diámetro interior del tanque	m
De	Diámetro del eje del pistón de la bomba	m
Dp	Diámetro del pistón de la bomba	m
h	Altura obtenida en la escala del tanque	m
ΔH	Diferencia de presiones	m.c.a
Hm	Altura generada o cabeza manométrica de la bomba	m.c.a
Qr	Caudal real	m <sup>3</sup> /s
Qt	Caudal teórico	m <sup>3</sup> /s
Pu	Potencia útil de la bomba	Cv
Pa	Potencia de accionamiento de la bomba	Cv
Ps	Presión de succión de la bomba	bar
Pd	Presión de descarga de la bomba	bar
S	Carrera	m
n	Relación de transmisión	--

Nt	Rendimiento total de la bomba	%
Nv	Eficiencia volumétrica	%
T	Tiempo	seg.
V	Volumen	m <sup>3</sup>
Vt	Volumen teórico	m <sup>3</sup>
W	Peso	Kg
Wm	Velocidad angular del motor	rad/s
Wp	Velocidad angular de la bomba	rad/s

### CHIMENEA DE EQUILIBRIO

Vo	Velocidad del fluido en la tubería	m/s
g	Gravedad	m/s <sup>2</sup>
hr	Pérdidas de presión	m
ko	Coeficiente de pérdidas por entrada a la tubería	--
kte	Coeficiente de pérdidas en el paso por la te	--
kvc	Coeficiente de pérdidas en el paso por la válvula de compuerta	--
kvg	Coeficiente de pérdidas en el paso por la válvula de globo	--
hf	Pérdidas ocasionadas por fricción	m
d	Diámetro interior de la tubería	m
n	Coeficiente de fricción	--
h1	Pérdidas primarias y secundarias	m
Ag	Área de la galería de presión	m <sup>2</sup>
Ach	Área de la chimenea	m <sup>2</sup>
Ze	Amplitud de variación medida hacia arriba	m
L	Longitud de la galería	m
c	Celeridad de la onda de presión	m/s
E	Módulo de elasticidad del agua	kg/cm <sup>2</sup>
Et	Módulo de elasticidad de las paredes de la tubería	kg/cm <sup>2</sup>
Δp	Presión del golpe de ariete	Kg/m <sup>2</sup>
e	Espesor de las paredes de la tubería	m

**SIMBOLOGÍA****SÍMBOLO****UNIDADES**

$\rho$	Densidad	$\text{Kg/m}^3$
$\gamma$	Peso específico	$\text{Kg/m}^3$

## LISTA DE ANEXOS

<b>ANEXO HT1:</b>	Personal de laboratorio
<b>ANEXO HT2:</b>	Registro de seguridad
<b>ANEXO HT3:</b>	Señalización de seguridad
<b>ANEXO HT4:</b>	Plano del laboratorio
<b>ANEXO HT5:</b>	Inspecciones
<b>ANEXO HT6:</b>	Registro maestro
<b>ANEXO HT7:</b>	Aprobación y emisión de documentos
<b>ANEXO HT8:</b>	Control de documentos
<b>ANEXO HT9:</b>	Cambio de documentos
<b>ANEXO HT10:</b>	Solicitud de pedidos
<b>ANEXO HT11:</b>	Lista de subcontratistas
<b>ANEXO HT12:</b>	Listado de proveedores
<b>ANEXO HT13:</b>	Solicitud de compras
<b>ANEXO HT14:</b>	Recepción de materiales
<b>ANEXO HT15:</b>	Plan anual de contrataciones PAC
<b>ANEXO HT16:</b>	Planificación operativa anual POA
<b>ANEXO HT17:</b>	Servicio al cliente-reclamos
<b>ANEXO HT18:</b>	Acciones correctivas y preventivas
<b>ANEXO HT19:</b>	Auditorías externas e internas
<b>ANEXO HT20:</b>	Métodos no normalizados
<b>ANEXO HT21:</b>	Plan de mantenimiento de la turbina Pelton
<b>ANEXO HT22:</b>	Plan de mantenimiento de la turbina Francis
<b>ANEXO HT23:</b>	Plan de mantenimiento de la turbina Kaplan
<b>ANEXO HT24:</b>	Plan de mantenimiento de la bomba centrífuga
<b>ANEXO HT25:</b>	Plan de mantenimiento de la bomba reciprocante
<b>ANEXO HT26:</b>	Plan de mantenimiento de la chimenea de equilibrio
<b>ANEXO HT27:</b>	Plano de seguridad
<b>ANEXO HT28:</b>	Curvas característica de la turbina Francis
<b>ANEXO HT29:</b>	Equipo e instrumentos

**ANEXO HT30:** Ensayos realizados

**ANEXO HT31:** Validación de métodos

## RESUMEN

Las Normas Internacionales y Nacionales de Calidad se han actualizado, basados en experiencias, indicaciones, sugerencias y adaptándose a las necesidades empresariales, con esta visión la presente investigación en su contenido presentará lineamientos aplicables a los procesos de acreditación de laboratorios utilizando las normas ISO 9001: 2008 y NTE INEN 17025 cuya estructura nace de la necesidad de diseñar un Sistema de Gestión de Calidad que sea posible implementarlo en los ensayos del laboratorio, con el objetivo, de que al ser aplicado se marque el proceso para la acreditación del laboratorio ante el Organismo de Acreditación Ecuatoriano (OAE)

El despliegue e implantación de éste modelo en el Laboratorio de Turbomaquinaria forma parte de las acciones tendientes a lograr un servicio de calidad, estrategia adoptada por la unidad académica para responder a diferentes demandas de la sociedad a la que pertenece. Aplicando el enfoque de procesos se logró caracterizar la documentación y proponer los pasos necesarios para implementar el sistema documental que sirva de base al sistema de gestión de la calidad en cualquier tipo de ensayo que se realice en el laboratorio.

Se establecieron los parámetros para ajustar la situación del laboratorio frente a los requisitos exigidos por las normas, se diseñó un plan de mantenimiento, de seguridad y salud ocupacional al igual que se presenta un programa de calibración para el perfecto funcionamiento de los equipos e instrumentos del laboratorio, los ensayos realizados se respaldan por una guía de procedimientos para cada sección del laboratorio y cada práctica que se realice.

Finalmente se establecen propuestas de mejoras con criterios de calidad definidos para todas las actividades a realizarse en el laboratorio que garantice el cumplimiento de las normas.



## SUMMARY

National and international standards of quality that have been derived, based on experiences, indications, suggestions, and adapting to the business necessities, with this, visions, the present investigation in its restrained will present lineament's applicable to the processes of accreditation of laboratories utilizing of ISO standards 9001:2008 and NTE INEN 17025 which structure was born of necessity of design a negotiations systems of quality that is possible implement it in the essays of laboratory with the objective, that to be applied is mark process to the accreditation of lab in front of accreditations organism Ecuadorian (OAE).

Deployment and implantation of this pattern in the laboratory of turbomachinery form part of actions with eagerness to achieve a quality service, strategy adopted for academic unit to answer to different demands of the society to the belong. Applying the focus of process that achieved to characterize documentation and propose steps necessities to implement the documental system that serves of base to the procedure of quality at any type of essay that realize in the laboratory.

Stablishing parameters to adjust laboratory's situation front the requirements demandes by standards, is designed a maintenance plan of security and health occupational in the same way that we present a calibration program for the perfect functioning of the equipments and instruments of lab, essays performed are supported by a procedures guide for each section of the laboratory and each practice that realize of perform.

Finally are stablish proposals of improvement with criterions of quality defined to all activities to realize in the laboratory that guarantee the fulfillment of standards.

## **CAPÍTULO I**

### **1. GENERALIDADES**

#### **1.1 Antecedentes**

La globalización de la economía mundial hace necesario que los laboratorios diseñen estrategias que les permitan mejorar su competitividad. Entre los elementos diferenciadores se encuentran el servicio, el mejoramiento continuo de los procesos, la calidad y la prevención de accidentes de trabajo, este último aunque es poco aplicado en nuestro medio, marca una de las ventajas competitivas en el mercado.

Esto hace que los laboratorios busquen diferentes alternativas implementado sistemas de gestión que logren direccionar sus actividades y que les permita ser reconocidas como compañías de calidad.

El propósito fundamental es establecer y describir el sistema de gestión de la calidad, el cual está basado en la norma internacional ISO 9001:2008 Sistemas de Gestión de la Calidad – Requisitos y la norma NTE INEN 17025.

Siendo esto un requerimiento para la evaluación de la carrera de acuerdo a los estándares de calidad definidos por el ex CONEA en los cuales se pide que los laboratorios de la carrera o unidad académica a la que pertenece cuente con manuales de operación como programación de uso, mantenimiento y seguridad industrial. Además para cumplir el propósito de servicio a la comunidad realizando ensayos que garanticen calidad y eficiencia.

#### **1.2 Justificación**

La necesidad del mejoramiento de la calidad en los laboratorios, la de obtención de resultados correctos y fiables, demandada por los clientes de un mercado, ha hecho que la mayoría de laboratorios busquen la acreditación.

Por ello los laboratorios, como cualquier otra empresa, han sentido la necesidad de implantar un Sistema de Calidad que asegure la fiabilidad de sus resultados.

La acreditación significa “dar confianza” y por ello permite al laboratorio que se acredite:

- Tener servicios consistentes
- Lograr confianza de sus clientes en los resultados que provee
- Demostrar su competencia técnica

La acreditación de ensayos y/o de métodos de calibración se otorga para demostrar la competencia técnica de los laboratorios en dichas actividades.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Implementar un Sistema de Gestión de Calidad bajo Norma ISO 9001: 2008 y NTE INEN 17025 para el Laboratorio de Turbomaquinaria con fines de Acreditación ante el OAE (Organismo de Acreditación Ecuatoriano).

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Identificar el estado de la documentación actual del laboratorio.
- Levantar la documentación necesaria y requerida dentro del sistema de gestión de la calidad para asegurar la eficaz planificación, operación y control de sus procesos, entre los cuales destacamos el manual de gestión de calidad con sus procedimientos e instructivos especialmente para las diferentes prácticas de laboratorio, gestión de contingencias y seguridad industrial, gestión de calibración y validación de equipos, y gestión del mantenimiento.
- Proyectar la implementación de registro y mantenimiento de la documentación para el seguimiento y mejora continua del laboratorio.
- Concienciar al personal sobre los beneficios de la certificación de la norma ISO 9001, y proyectarlo al laboratorio para una futura certificación ISO.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO**

#### **2.1 Alcance de la Norma NTE INEN 17025**

La Norma NTE INEN 17025 establece los requisitos generales para la competencia en la realización de ensayos o de calibraciones, incluido el muestreo. Cubre los ensayos y las calibraciones que se realizan utilizando métodos normalizados, métodos no normalizados y métodos desarrollados por el propio laboratorio.

La Norma Internacional es aplicable a todos los laboratorios, independientemente de la cantidad de empleados o de la extensión del alcance de las actividades de ensayo o de calibración.

Si los laboratorios de ensayos y de calibración cumplen los requisitos de esta Norma Internacional, actuarán bajo un sistema de gestión de la calidad para sus actividades de ensayo y de calibración que también cumplirá los principios de la Norma ISO 9001.

#### **2.2 Norma ISO 9000**

##### **2.2.1 Generalidades**

La familia de normas ISO 9000 es un conjunto de normas orientadas a ordenar la gestión de las empresas que han ganado reconocimiento y aceptación internacional debido al mayor poder que tienen los consumidores y a la alta competencia internacional acentuada por los procesos integracionistas. Algunas de estas normas especifican requisitos para sistemas de calidad (ISO 9001, 9002, 9003) y otras dan una guía para ayudar en la interpretación e implementación del sistema de calidad (ISO 9000-2, ISO 9004-1).

**ISO 9000:** Son los fundamentos y el vocabulario empleado en la norma ISO 9001.

**ISO 9001:** Contiene la especificación del modelo de gestión. Literalmente se titula “Sistemas de gestión de la calidad – Requisitos”. De manera que la norma ISO 9001 contiene los requisitos que han de cumplir los sistemas de la calidad.

**ISO 9004:** Es una directriz para la mejora del desempeño del sistema de gestión de calidad.

**ISO 19011:** Especifica los requisitos para la realización de las auditorías de un sistema de gestión ISO 9001, para el sistema de gestión de salud y seguridad ocupacional especificado en OHSAS 18001 y también para el sistema de gestión medioambiental especificado en ISO 14001.

### **2.3 Introducción a la Norma ISO 9001**

La norma ISO 9001, son un conjunto de reglas de carácter social y organizativo para mejorar y potenciar las relaciones entre los miembros de una organización. Cuyo último resultado, es mejorar las capacidades y rendimiento de la organización, y conseguir un aumento por este procedimiento de la calidad final del producto.

#### **2.3.1 La norma de gestión de calidad ISO 9001**

La certificación en la norma 9001, es un documento con validez, expedido por una entidad acredita, y que certifica, que la organización cumple las más estrictas normas de calidad, en aras a una mejora de la satisfacción del cliente.

#### **2.3.2 Nomenclatura básica para la norma ISO 9001**

##### **2.3.2.1 Sistema administrativo de calidad**

Un sistema Administrativo de Calidad es un sistema basado en el sentido común bien documentado, que asegura consistencia y mejoras en las prácticas de trabajo, incluyendo los productos y servicios que se crean, basada en normas que especifican un procedimiento para lograr una efectiva administración de calidad.

### 2.3.2.2 ISO 9000

ISO 9000 es el nombre genérico dado a una familia de normas que ha sido desarrollada para proporcionar un marco normativo alrededor del cual se basa eficazmente un sistema administrativo de calidad.

La ISO 9001 es una norma de la Organización Internacional para la estandarización. Es la única norma de la familia ISO 9000 certificable de la familia, tiene una nueva estructura basada en procesos, y consta de los siguientes puntos principales:

1. Sistema de gestión de la calidad
2. Liderazgo de la dirección.
3. Gestión de los recursos
3. Realización del producto
- 4.- Medición, análisis y mejora

### 2.3.2.3 Proceso

Es una actividad u operación que recibe entradas y las convierte en salidas. Casi todos las actividades y operaciones relacionadas con un servicio o producto son procesos.

Un proceso en el laboratorio por ejemplo, es la calibración, toma de datos de los equipos y realización de pruebas para determinar las curvas características, obteniendo los datos correspondientes para su respectivo análisis.

### 2.3.2.4 Calidad – concepto

Muchos autores han dado su propia definición del término calidad:

**W. Edwards Deming** indica que: "El control de Calidad no significa alcanzar la perfección. Significa conseguir una eficiente producción con la calidad que espera obtener en el mercado".

**Josehp M. Juran** define la calidad como: "Adecuación al uso".

**Philip Crosby** lo define como: "Conformidad con los requisitos".

**Armand V. Feigenbaum** define la calidad como: "La composición total de las características de los productos y servicios de marketing, ingeniería, fabricación y

mantenimiento, a través de los cuales los productos y los servicios cumplirán las expectativas de los clientes".

Sin embargo el término calidad debe ser comprendido como: "El logro de la satisfacción de los clientes a través del establecimiento adecuado de todos sus requisitos y el cumplimiento de los mismos con procesos eficientes, que permita así a la organización ser competitiva en la industria y beneficie al cliente.

#### **2.3.2.5 Control de calidad**

Es un conjunto de técnicas y actividades de carácter operativo, utilizadas para verificar los requisitos relativos a la calidad de las pruebas de laboratorio.

#### **2.3.2.6 Gestión de calidad**

Actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización en lo relativo a la calidad.

La gestión de la calidad es el conjunto de acciones planificadas y sistemáticas, necesarias para dar la confianza adecuada de que un ensayo va a satisfacer los requisitos de calidad.

#### **2.3.2.7 Calidad total – excelencia**

Es una estrategia de gestión cuyo objetivo es que el laboratorio satisfaga de una manera equilibrada las necesidades y expectativas de los clientes, de los empleados, de los estudiantes y de la sociedad en general.

### **2.4 Certificación en la gestión de calidad**

Hay dos tipos de certificaciones, de empresa y de producto. Esta última, solo tienen en cuenta la calidad técnica del producto, y no la satisfacción del cliente, de la que se ocuparía la certificación de empresa. Si una empresa está certificada, todos sus productos lo están.

Temporalmente, de manera cronológica se realizan auditorías por parte de la empresa de certificación. A la que se le exigen los más altos niveles de honradez, seriedad, fiabilidad y experiencia.

Dicha auditoría, va a exigir una mejora de los resultados respecto a la auditoría anterior. Por lo que es requisito indispensable para renovar la certificación haber mejorado la calidad de los ensayos. Si no se supera la auditoría en determinados plazos e intentos, se pierde la certificación.

## 2.5 Los ocho principios básicos de la gestión de calidad



**Figura 2.1:** Modelo de gestión de la calidad basada en procesos [1]

Los principios de gestión de la calidad, de acuerdo a lo indicado en la norma ISO 9001 son:

### 2.5.1 Organización enfocada al cliente

#### 2.5.1.1 Que implica la calidad en el servicio al cliente

Las organizaciones dependen de sus clientes y por lo tanto deberían comprender las necesidades actuales y futuras de los clientes, satisfacer los requisitos de los clientes y esforzarse en exceder las expectativas de los clientes.

### 2.5.2 Liderazgo

Para que el laboratorio funcione hace falta que sus líderes visualicen lo que quieren hacer.

Los lideres, han de tener los suficientes conocimientos técnicos, información de calidad y experiencia, para que sus acciones conduzcan al éxito.



Ellos establecen la unidad de propósito y la orientación de la organización. Deberían crear y mantener un ambiente interno, en el cual el personal pueda llegar a involucrarse totalmente en el logro de los objetivos del laboratorio.

### **2.5.3 Participación de todo el personal**

El personal, a todos los niveles, es la esencia de una organización, y su total compromiso posibilita que sus habilidades sean usadas para el beneficio del laboratorio.

### **2.5.4 Enfoque a proceso**

#### **2.5.4.1 Comprensión de enfoque basado en procesos**

Un resultado deseado se alcanza más eficientemente cuando las actividades y los recursos relacionados se gestionan como un proceso.

Para obtener un resultado a tiempo basta con realizar las actividades necesarias antes de que finalice el plazo de entrega. Tanto la planificación como los procedimientos a aplicar deben establecerse en función de los procesos a ejecutar. El análisis de los procesos y su secuencia debe proporcionar información para definir cómo queremos que sean las entradas y salidas de los procesos que están interrelacionados.

#### **2.5.4.2 El ciclo P-H-V-A y el enfoque de proceso**

El ciclo de mejora continua “P-H-V-A” fue desarrollado inicialmente en la década de 1920 por Walter Shewhart, y fue popularizado por W. Edwards Deming. Por esta razón es frecuentemente conocido como el “Ciclo de Deming”.



**Figura 2.2** Ciclo P-H-V-A

Una ventaja del enfoque basado en procesos es el control continuo que proporciona sobre los vínculos entre los procesos individuales dentro del sistema de procesos, así como sobre su combinación e interacción.

Puede aplicarse a todos los procesos la metodología conocida como "Planificar-Hacer-Verificar-Actuar" (PHVA). PHVA puede describirse brevemente como:

**Planificar:** establecer los objetivos y procesos necesarios para conseguir resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización.

**Hacer:** implementar los procesos.

**Verificar:** realizar el seguimiento y la medición de los procesos y los productos respecto a las políticas, los objetivos y los requisitos para el producto, e informar sobre los resultados.

**Actuar:** tomar acciones para mejorar continuamente el desempeño de los procesos.

### 2.5.5 Enfoque del sistema hacia la gestión

Son todas aquellas actividades (Identificar, entender y gestionar) sistemáticas y planeadas que están dirigidas para demostrar con un alto grado de confiabilidad que nuestros procedimientos y ensayos van a cumplir totalmente los requerimientos de la calidad.

Un sistema de calidad debe:

- Implementar procesos y procedimientos
- Documentar procesos y procedimientos
- Registrar procesos y procedimientos

### **2.5.6 La mejora continua**

La excelencia, ha de alcanzarse mediante un proceso de mejora continua. Mejora, en todos los campos, de las capacidades del personal, eficiencia de la maquinaria, en la automatización de los equipos, de la satisfacción del cliente.

### **2.5.7 Enfoque basado en hechos para la toma de decisiones**

El laboratorio debe contar con un sistema de gestión que genere información de forma natural (sin esfuerzo suplementario) y que su tratamiento permita extraer conclusiones acerca de la situación real de la organización y su entorno.

### **2.5.8 Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor**

Una organización y sus proveedores son independientes y una relación mutuamente benéfica intensifica la capacidad de ambos para crear valor y riqueza.

### **CAPÍTULO III**

## **3. REQUISITOS PARTICULARES RELATIVOS A LA CALIDAD Y LA COMPETENCIA**

### **3.1 Estrategia y organización**

El objetivo es establecer las acciones básicas a seguir para asegurar que las actividades del Laboratorio de Turbomaquinaria, se conduzcan con el debido cumplimiento de las normas de seguridad, medio ambiente, salud y relaciones comunitarias.

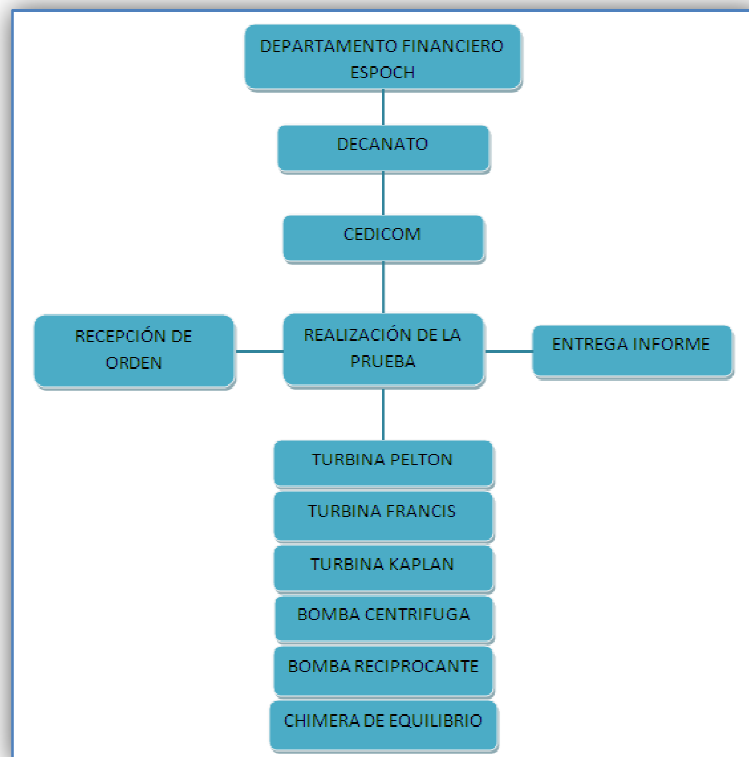
El laboratorio debe contar con el personal calificado y con el conocimiento necesario para ejecutar las funciones y responsabilidades correspondientes.

Dadas las características y la naturaleza del trabajo realizado es importante destacar que todo el personal involucrado debe mantener de manera confidencial las informaciones y resultados.

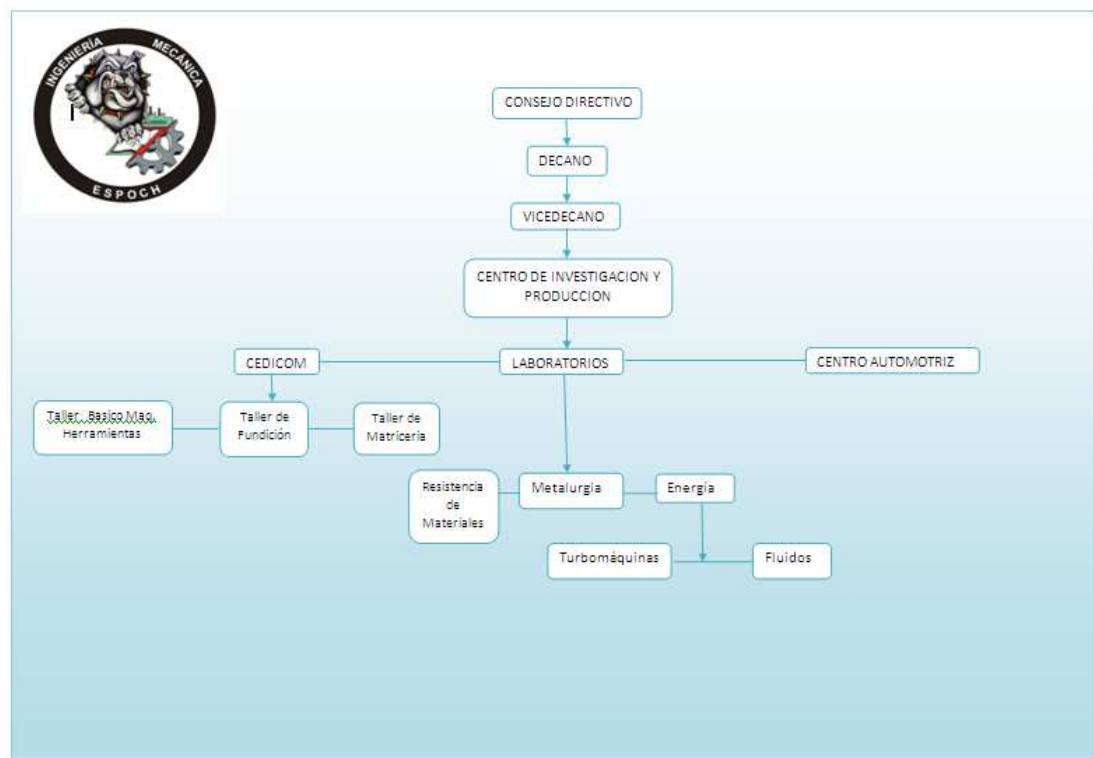
En el laboratorio se pondrá a disposición un archivador rotulado RG N° 1 “Personal del Laboratorio” ANEXO HT1, donde se mantiene:

- Currículum
- Autorización de funciones y competencia.
- Registros de capacitación interna.
- Asistencia a Talleres o cursos de actualización

### 3.1.1 Estructura organizacional – cadena de valor



**Figura 3.1:** Cadena de valor



**Figura 3.2:** Organigrama estructural de la de facultad de mecánica

### **3.1.2 Descripciones de cargo y responsabilidades**

#### **3.1.2.1 Jefe del laboratorio**

##### **Descripción del cargo**

El jefe del laboratorio es la persona que tiene la responsabilidad de la implantación de la política de calidad. Además de ser un experto en su actividad específica, debe manejar los aspectos administrativos y de relaciones humanas, para cumplir con éxito sus funciones. Debe tener la experiencia necesaria que le permita prever, reconocer y solucionar cualquier problema técnico que se presente durante la ejecución de las operaciones analíticas y de las pruebas solicitadas por el cliente.

##### **Responsabilidades:**

- Es responsabilidad del Jefe del Laboratorio el establecer, implementar y hacer cumplir el Manual de Calidad.
- Fijar las políticas institucionales, planificar, programar, dirigir, coordinar y evaluar las actividades del laboratorio a fin de asegurar una adecuada administración de los bancos de prueba.
- Establecer los objetivos de calidad del Laboratorio, debe asegurarse que el personal y los estudiantes conozcan y comprendan dichos objetivos.
- Definir y planificar la estructura del laboratorio.
- Controlar la realización de los trabajos de laboratorio velando por el cumplimiento de los principios de buenas prácticas de laboratorio.
- Evaluar los logros del programa de calidad y verificar que se lleven a cabo las acciones correctivas correspondientes.
- Resolver satisfactoriamente los problemas que se presenten, a través de su intervención directa o por medio de otras personas.
- Detectar las necesidades de capacitación y educación continua del personal.
- Comprobar que se cumplan las normas de higiene y seguridad.
- Aprobar y supervisar los procedimientos operativos del Laboratorio.

- Vigilar que el ayudante del Laboratorio realice sus funciones de acuerdo al programa establecido y que entregue el informe correspondiente.
- Revisar, corregir, firmar los informes de resultados de las prácticas.
- Mantener actualizadas y en buen estado los archivos técnicos de los equipos con los cuales cuenta el Laboratorio para el desarrollo de sus actividades.

### **3.1.2.2 Ayudante de laboratorio**

#### **Descripción del cargo**

El ayudante de laboratorio es elegido internamente mediante concurso, previa convocatoria autorizada por el consejo directivo, y durará en sus funciones por el período de un año.

Es la persona que está completamente a cargo del laboratorio y de los equipos existentes en el mismo, para poder realizar los respectivos ensayos.

#### **Responsabilidades:**

- Prestar colaboración al personal docente y estudiantil que requieran hacer uso del laboratorio.
- Coordinar las actividades de mantenimiento y la calibración de los equipos de laboratorio, reportando cualquier desperfecto al Jefe de laboratorio.
- Definir los recursos materiales indispensables para el buen funcionamiento del laboratorio.
- Mantener los procedimientos, registros e instructivos existentes en el área de trabajo.
- Verificar que los datos obtenidos sean confiables y queden registrados.
- Recopilar los manuales de prácticas y colocarlos a disponibilidad de los estudiantes.
- Tener contacto permanente con docentes, estudiantes para verificar el estado del laboratorio.
- Velar por el buen desarrollo de las actividades inherentes a la sección y participar al Jefe del Laboratorio los inconvenientes o problemas que se presenten, aportando ideas e iniciativas para su solución.

- Presentar mensualmente al Jefe del Laboratorio un informe de las actividades realizadas por cada ensayo.

### **3.1.3 Definiciones**

#### **Departamento financiero ESPOCH**

El Departamento Financiero planifica, organiza, regula y controla la ejecución del presupuesto institucional, coordina su labor con las facultades, direcciones administrativas, unidades productivas y la Comisión de Planificación.

#### **Decanato**

Es la autoridad responsable de la dirección administrativa y académica de la Facultad.

#### **CEDICOM**

Apoya en la gestión académica y de producción de bienes y servicios especializados dentro de la Facultad de Mecánica.

### **3.1.4 Desarrollo del procedimiento**

#### **3.1.4.1 Organización**

La organización mínima funcional será la siguiente:

#### **Comité de seguridad del laboratorio**

Conformado por el Jefe y ayudante del laboratorio los que se reunirán semanalmente o cuando ocurra algún accidente; con el fin de diseñar, implementar y/o evaluar los programas de seguridad. Se llevará constancia de la reunión a través del registro (ANEXO HT 2).



### **3.1.4.2 Protección del personal**

El Jefe de laboratorio realizará una charla de inducción al ayudante y a los estudiantes antes de ingresar al laboratorio cuyos temas estarán relacionados a la prevención de riesgos durante la realización de las prácticas.

### **3.1.5 Procedimiento de trabajo seguro**

Para determinar la forma más segura de realizar un trabajo, consiste en revisar métodos, identificar los riesgos asociados, y recomendar procedimientos de trabajo seguro.

Se descompone de la siguiente forma:

- Seleccionar la prueba a realizar
- Dividir la tarea en una secuencia de pasos
- Identificar los riesgos asociados a cada uno
- Identificar y eliminar los riesgos de ser posible
- Recomendar un procedimiento seguro para realizar la prueba

### **3.1.6 Protección de las instalaciones**

#### **3.1.6.1 Señalización**

La señalización de seguridad se establecerá con el propósito de indicar la existencia de riesgos, todas las áreas de riesgo deben estar señalizadas con:

- Carteles de tamaño visible no limitativos.
- Legibles a distancia.
- Colocados en lugares notorios.
- Con colores normados.
- Iluminados o fosforescentes.
- Protegidos de las inclemencias del clima.

Los mensajes deben ser:

- Claros y precisos

Todo el personal debe ser instruido acerca de la existencia, situación y significado de la señalización de seguridad empleada (ANEXO HT 3).

**Señales de obligación:** Son de forma circular con fondo azul oscuro y un reborde de color blanco. Sobre el fondo azul, en blanco, el símbolo que expresa la obligación de **Señales de advertencia o precaución:** También llamadas preventivas, tienen por objeto advertir de la existencia y naturaleza de un riesgo.

**Señales de información o informativas:** Tienen por objeto informar, sobre la ubicación del equipo a utilizar en caso de incendio, como extintores, gabinetes con manguera contra incendio, sistemas de extinción de incendios.

Son también señales informativas las empleadas para indicar la ubicación de una salida de emergencia, de una zona de seguridad, de un área de conteo y de la ubicación de estaciones de primeros auxilios, entre otras.

**Señales de prohibición:** Tienen por objeto evitar se realicen acciones susceptibles de provocar un riesgo o que no deben ejecutarse en determinadas áreas.

**Señal de seguridad e higiene:** Sistema que proporciona información de seguridad e higiene. Consta de una forma geométrica (rectangular, circular o triangular), un color de seguridad, un color contrastante y un símbolo gráfico que se puede complementar con un texto.

**Colores de seguridad.-** Los colores de seguridad y sus usos asociados a éstos, son los que se especifican en la tabla. 3.1 “Guía de selección para señales de seguridad”.

**Tabla 3.1:** Especificación de los colores de seguridad [3]

COLOR DE SEGURIDAD	SIGNIFICADO	APLICACIÓN
<b>ROJO</b>	Pararse Prohibición Elementos contra incendios	Señales de detención Dispositivos de parada de emergencia Señales de prohibición
<b>AMARILLO</b>	Precaución	Indicación de riesgos(incendio, explosión )
<b>VERDE</b>	Condición segura Señal informativa	Indicación de rutas de escape Salida de emergencia Estación de rescate o primeros auxilios
<b>AZUL</b>	Obligatoriedad	Obligatoriedad de usar equipos de protección personal

### 3.1.6.2 Almacenamiento de herramientas y equipos

La manera de organizar o administrar las herramientas y equipos depende de varios factores tales como el tamaño y el plano de organización del laboratorio (ANEXO

HT 4) Sin embargo, para proporcionar un servicio eficiente, las siguientes funciones son comunes a todo tipo de laboratorio:

- Registro de entradas y salidas de la bodega del laboratorio.
- Almacenamiento de herramientas.
- Mantenimiento de herramientas y equipos.

### 3.2 Procedimiento en caso de incendios

El objetivo es establecer los criterios y acciones específicas para optimizar las respuestas a las emergencias en cualquier tipo de incendio que pudiera generarse durante las ejecuciones de las pruebas en los equipos, buscando salvaguardar la vida de los estudiantes, los bienes del laboratorio, proteger el medio ambiente.

#### 3.2.1 Responsabilidades

Los responsables en este procedimiento será el Jefe y el Ayudante de Laboratorio, previa coordinación con el Decano de la Facultad de Mecánica.

#### 3.2.2 Definiciones

**Incendio:** Un incendio es una ocurrencia de fuego no controlada que puede abrasar algo que no está destinado a quemarse. Puede afectar a estructuras y a seres vivos.

**Tabla 3.2:** Clasificación según los materiales inflamables

CLASE	FIGURA	FONDO COLOR	MATERIALES INFLAMABLES
A	Triangulo		Combustibles ordinarios,Papel, madera,textil
B	Cuadrado		Combustibles liquidos,aceites, grasas,pintura,etc
C	Circulo		Equipos electricos
D	Estrella 5 Puntos		Metales

Principales causas de incendios:

- Equipos Eléctricos
- Fricción
- Materiales Especialmente Peligrosos

- Llamas Abiertas
- El Fumar y los Fósforos
- Superficies Calientes
- Electricidad Estática

### 3.2.3 Desarrollo del procedimiento

- Dentro del laboratorio se debe contar con el “Equipo de Protección Personal” para combate del fuego (Equipo de Bombero), incluyendo PROTECCIÓN RESPIRATORIA.
- Se programarán y registraran charlas y entrenamiento sobre el uso de extintores y equipos para la lucha contra incendios.
- Se establecerá el sistema de alarmas y su comunicación.
- Se establecerá el punto de reunión y el sistema de control de personal (listados de personal).
- Se deberá tener en cuenta el tipo de incendio y el material, para determinar el equipo de extintor a utilizarse (clases A, B, C).
- Se efectuarán auditorías periódicas de los extintores y equipos contra incendio.



**Figura 3.3** Tipos de extintores

### **3.3 Instructivo de emergencias**

El objetivo es salvaguardar la vida humana, preservar las instalaciones y minimizar los daños provocados en caso de emergencias que pudieran darse durante las pruebas.

#### **3.3.1 Responsabilidades**

La ESPOCH deberá contar con un equipo para casos de emergencia que puedan presentarse en el transcurso de las actividades dentro del laboratorio, deberá tomar las medidas de precaución necesarias y cumplir con los requerimientos de un trabajo seguro, el Jefe de Laboratorio verificará su cumplimiento.

#### **3.3.2 Descripción**

##### **Equipo de emergencias**

El equipo de emergencias que debe existir dentro del laboratorio es el siguiente:

- Extintores
- Botiquín de Primeros Auxilios

### **3.4 Procedimiento para la supervisión ambiental**

El objetivo es velar por el cumplimiento de los compromisos sociales y ambientales asumidos por la ESPOCH, en el Estudio de Impacto Ambiental para cumplir con la normatividad ambiental vigente (ISO 14001).

#### **3.4.1 Responsabilidades**

Los responsables en este procedimiento será el Jefe y el Ayudante de Laboratorio, previa coordinación con el Decano de la Facultad de Mecánica.

#### **3.4.2 Definiciones**

##### **ISO 14001**

La Norma internacional ISO 14001, prefija objetivos ambientales de alto valor para la sociedad tales como "mantener la prevención de la contaminación y la protección del ambiente en equilibrio con las necesidades socioeconómicas".

### **3.4.3 Desarrollo del procedimiento**

#### **3.4.3.1 Consideraciones generales**

Las instalaciones del laboratorio, las fuentes de energía, la iluminación y las condiciones ambientales, deben facilitar la realización correcta de las pruebas.

El laboratorio debe asegurarse de que las condiciones ambientales no invaliden los resultados ni comprometan la calidad requerida de las mediciones.

Realizar el seguimiento, controlar y registrar las condiciones ambientales según lo requieran las especificaciones, métodos y procedimientos correspondientes, o cuando éstas puedan influir en la calidad de los resultados. Se debe prestar especial atención, por ejemplo, el polvo, la interferencia electromagnética, la humedad, el suministro eléctrico, la temperatura, y a los niveles de ruido y vibración, en función de las actividades técnicas en cuestión.

Debe haber una separación eficaz entre áreas vecinas en las que se realicen actividades Incompatibles. Se deben tomar medidas para prevenir la contaminación cruzada, controlar el acceso y el uso de las áreas que afectan a la calidad de las pruebas. Se deben tomar medidas para asegurar el orden y la limpieza del laboratorio.

#### **3.4.3.2 Metodología de supervisión**

- Mantener el lugar de trabajo en óptimas condiciones de higiene y aseo
- No es permitido fumar en el Laboratorio.
- Las condiciones de temperatura, iluminación y ventilación de los sitios de trabajo deben ser confortables.
- Mantener los elementos de protección personal en óptimas condiciones de aseo, en un lugar seguro y de fácil acceso.
- Utilice las técnicas correctas en la realización de todo procedimiento.
- Todo equipo que requiera reparación técnica debe ser llevado a mantenimiento, previa desinfección y limpieza por parte del personal encargado del mismo.

- Al terminar la jornada, verifique que las máquinas, computadores y lámparas estén apagadas.
- En el laboratorio se puede hacer separación de basuras en varios recipientes. Organice un programa de reciclaje allí.
- A la hora de limpiar los equipos, no use productos en aerosol
- Las superficies de las paredes, suelos y techos deben ser impermeables y fáciles de limpiar. Todas las aberturas existentes en esas superficies (por ejemplo, para tuberías de servicio) debe estar obturadas para facilitar la descontaminación de los locales.

### **3.4.3.3 Obligaciones**

Es obligación del Jefe y el Ayudante de Laboratorio, previa coordinación con el Decano de la Facultad de Mecánica que se cumpla con las disposiciones antes mencionadas.

## **3.5 Procedimiento para el manejo de electricidad**

El objetivo es establecer los requisitos mínimos a cumplir por las instalaciones y equipos eléctricos que se utilicen dentro del laboratorio para asegurar su buen estado y evitar accidentes.

### **3.5.1 Responsabilidades**

Los responsables en este procedimiento será el Jefe y el Ayudante de Laboratorio, previa coordinación con el Decano de la Facultad de Mecánica.

### **3.5.2 Definiciones**

#### **Instalaciones eléctricas**

Se le llama instalación eléctrica al conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica, desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilicen. Entre estos elementos se incluyen: tableros, interruptores, transformadores, bancos de capacitores, dispositivos, sensores, dispositivos de control local o remoto, cables, conexiones, contactos, canalizaciones, y soportes.

### 3.5.3 Desarrollo del procedimiento

- Todo cable eléctrico se considerará energizado hasta que se compruebe lo contrario.
- No se permite utilizar tomacorrientes o enchufes de uso doméstico.
- Se debe evitar exponer los cables a tirones bruscos, contacto con agua o humedad, de no ser posible, se usarán cables y conexiones con aislamiento a prueba de agua.
- Toda máquina o equipo eléctrico debe contar con sistema de puesta a tierra efectivo, salvo que posea doble aislamiento y ausencia de partes metálicas expuestas.
- Está terminantemente prohibido conectar el extremo pelado de un cable eléctrico a una llave de cuchilla ó directamente a un tomacorriente, siempre se hará con el enchufe correspondiente. Nunca se debe tirar del cable para desconectar el enchufe del toma corriente.
- Cualquier defecto en las instalaciones eléctricas (conductores sueltos, con o sin aislamiento deficiente, chisporroteos o huellas de estos, motores eléctricos que emiten humo, etc.), debe ser comunicado de inmediato por el Ayudante de laboratorio, previa desconexión de la alimentación de energía eléctrica.
- Si se produce un fuego donde haya electricidad presente, nunca se debe usar agua para apagarlo. Sólo se debe usar un extintor de polvo químico seco, o arena a falta de extintor.
- Se deben proteger las lámparas de iluminación, tableros de distribución eléctrica, cajas de fusibles, tomacorrientes y equipos eléctricos de su exposición a la intemperie. En su defecto, se deben usar instalaciones a prueba de agua. Nunca se deben operar herramientas, equipos o conexiones eléctricas con las manos húmedas o pisando superficies mojadas.

### 3.6 Procedimiento para el manejo en la etapa de mantenimiento

El objetivo del plan de mantenimiento es reducir en lo posible el costo final de operación del laboratorio, conservando en condiciones de funcionamiento seguro y eficiente todos los equipos que se operan.



### 3.6.1 Generalidades

#### **Mantenimiento preventivo**

Consiste en elaborar un plan de inspección para los distintos equipos, a través de una buena planificación, programación, control y ejecución de actividades para prevenir y corregir deficiencias menores que puedan ser causa de daños.

#### **Mantenimiento correctivo**

Es el conjunto de actividades que se llevan a cabo cuando un equipo o instrumento ha tenido una parada forzada o imprevista. Este es el sistema más generalizado por ser el que menos conocimiento y organización requiere, pero el menos conveniente.

#### **Metodología para el mantenimiento**

En principio un sistema de mantenimiento bien diseñado debe adecuarse a las características de cada máquina lográndose un sistema de mantenimiento alterno. En este sentido se han desarrollado varios procedimientos empleando criterios de selección generalmente a nivel de máquina.

El plan de mantenimiento está previsto para conocer el estado actual y la evolución futura de los equipos principales del laboratorio, con el objetivo de detectar cualquier anomalía antes de que origine un grave daño y una parada no programada.

El objetivo de la metodología consiste en determinar el orden en el cual se debe efectuar los trabajos planificados teniendo en cuenta:

- Los grados de urgencia
- Los materiales necesarios
- La disponibilidad del personal

#### **Métodos de programación**

- Programa mensual
- Programa anual

### 3.6.2 Identificación

Los bancos de pruebas y las herramientas a utilizar deben estar con identificación pertinentes:

**Tabla 3.3:** Identificación de los equipos

<b>EQUIPO</b>	<b>CÓDIGO INVENTARIO</b>
<b>Banco de Pruebas de la Turbina Pelton</b>	09953
<b>Banco de Pruebas de la Turbina Francis</b>	10623
<b>Banco de Pruebas de la Turbina Kaplan</b>	10633
<b>Banco de Pruebas de la Bomba Centrífuga</b>	09939
<b>Banco de Pruebas de la Bomba Reciprocante</b>	09926
<b>Banco de Pruebas de la Chimenea de Equilibrio</b>	10657

**Tabla 3.4:** Identificación de herramientas

<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>CÓDIGO INVENTARIO</b>
<b>Cinta Métrica, metálica de 30m</b>	<b>04035</b>
<b>Destornillador plano pequeño</b>	<b>04036</b>
<b>Destornillador plano mediano</b>	<b>04039</b>
<b>Juego de destornilladores</b>	<b>04040</b>
<b>Alicate # 160</b>	<b>04044</b>
<b>Llave mixta # 10</b>	<b>04046</b>
<b>Llave mixta # 17</b>	<b>04049</b>
<b>Llave de boca ¾ - 5/8</b>	<b>04050</b>
<b>Llave de boca 5/8 – 9/16"</b>	<b>04051</b>
<b>Llave de corona 30- 32 mm</b>	<b>04061</b>
<b>Llave de tubo # 12"</b>	<b>04559</b>
<b>Torcómetro 20N</b>	<b>04560</b>
<b>Torcómetro 50 N</b>	<b>04561</b>
<b>Palanca 45 cm</b>	<b>04582</b>
<b>Copas 13,15,16,17,18,19,20,21,23,24</b>	<b>04583</b>

### 3.6.3 Seguridad

- La organización del laboratorio debe ser estudiada a fondo con el fin de procurar que sea adecuada para el mantenimiento de un nivel preventivo. La limpieza y el orden son de gran importancia a este respecto. Las instalaciones, aparatos e instrumentos deben mantenerse en perfecto estado. Las salidas y espacios reservados para las manipulaciones, deben mantenerse siempre libres.

- En el laboratorio no debe trabajar nunca una persona sola en horas no habituales, durante la noche o en operaciones que impliquen riesgo.
- En el caso de llevar a cabo operaciones de riesgo, todas las personas deben estar informadas, incluso aquellas que no participen en ellas.
- Queda prohibido realizar en los laboratorios trabajos diferentes a los autorizados por los responsables directos. Asimismo queda prohibido sacar materiales del laboratorio sin autorización expresa.

#### **3.6.4 Capacitación**

- El Jefe de laboratorio tendrá como propósito capacitar e instruir a los estudiantes y al Ayudante concientizándolos en la prevención de riesgos al realizar el mantenimiento de los equipos.
- Todo el personal que ingrese por primera vez al laboratorio, recibirá una charla de inducción por parte del Ayudante de Laboratorio orientada al ciclo de las observaciones del programa de Seguridad y las normas de seguridad a cumplirse durante su permanencia en el laboratorio.

#### **3.6.5 Control de riesgos**

El laboratorio debe haber realizado la evaluación inicial de riesgos y actualizarla cuando esté en la etapa de mantenimiento y siempre que se detecten daños para la salud como guía para la evaluación de los riesgos en el laboratorio durante su mantenimiento se pueden considerar los siguientes factores:

- Desconocimiento de las características de peligrosidad del manejo de los equipos.
- Empleo de métodos y procedimientos de trabajo intrínsecamente peligrosos.
- Malos hábitos de trabajo.
- Empleo de material de laboratorio inadecuado o de mala calidad.
- Instalaciones defectuosas.
- Diseño no ergonómico y falta de espacio.
- Contaminación ambiental.

De una manera general, las acciones preventivas para la minimización de los riesgos causados por estos factores son:

- Disponer de información sobre las características de peligrosidad de los equipos.
- Disponer de la adecuada información para realizar el trabajo de manera segura.
- Adquirir y mantener buenas prácticas de trabajo.
- Llevar una buena política de mantenimiento preventivo, con revisiones periódicas y reparar con rapidez las averías.
- Considerar los aspectos de seguridad (estructural, de diseño y de distribución) en la fase de diseño. No acumular materiales en las superficies de trabajo.

### **3.6.6 Inspecciones**

#### **Tipo de inspecciones**

- **Inspecciones diarias**

Se inspeccionarán diariamente todas las áreas de trabajo, con la finalidad de detectar actos y condiciones inseguras. (ANEXO HT5)

- **Inspecciones mensuales**

Las inspecciones mensuales contemplan tareas más complicadas, que no está justificado realizar a diario. Implican en algunos casos desmontajes, paradas de equipos o tomas de datos más laboriosas. Es el caso de limpiezas interiores que necesiten del desmontaje de determinados elementos, o medidas del consumo de un motor (medida de intensidad) en cuadros de acceso complicado, etc. También incluyen tareas que no se justifica realizar a diario, como los engrases. (ANEXO HT5)

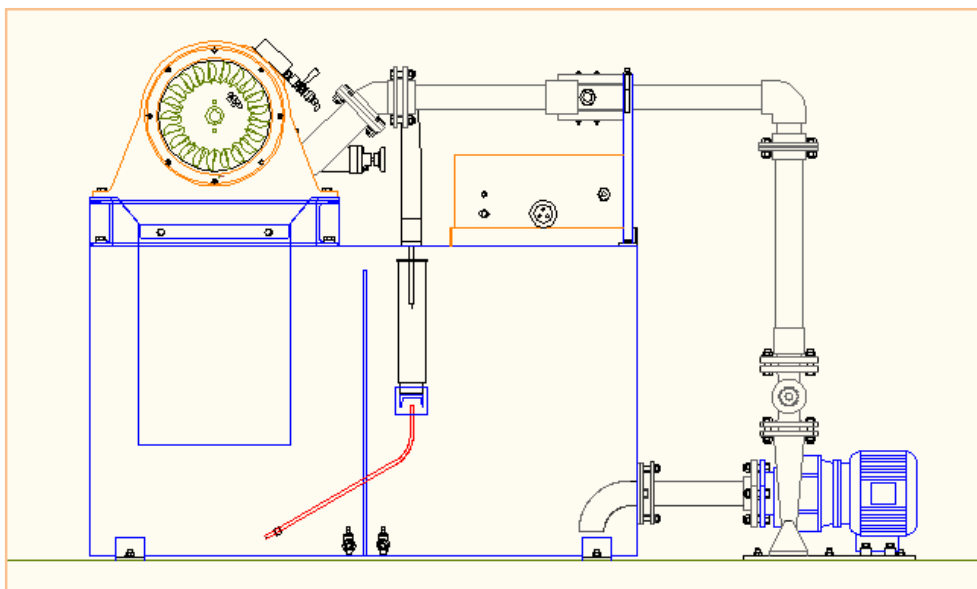
- **Inspecciones anuales**

Suponen en algunos casos una revisión completa del equipo y en otros, la realización de una serie de tareas que no se justifica realizar con una periodicidad menor. Es el caso de cambios de rodamientos, limpieza interior de una bomba, medición de espesores en depósitos, equilibrado de aspas de un ventilador, por citar algunos ejemplos. Siempre suponen la parada del equipo durante varios días, por lo que es necesario estudiar el momento más adecuado para realizarlo. (ANEXO HT5)

### 3.6.7 Equipos y herramientas

#### 3.6.7.1 Banco de pruebas de la turbina Pelton

- Motor BROOCK CROMPTOR PARKINSON 7.5 KW 3400 RPM 60HZ  
Azul, tubería de succión 1 1/2 "
- Tablero control ON –OFF, medición flujo con molinete
- Tanque de hierro 1/4 con vertedero triangular Inoxidable con perno de base
- Manómetro de 0 – 60 psi
- Freno de disco
- Cuenta revoluciones 0 – 2000 rpm
- Polea y banda de hilo
- Tubo de plástico para medir nivel
- Vaso medidor de nivel
- Medidor de nivel con aguja deslizable en hierro fundido

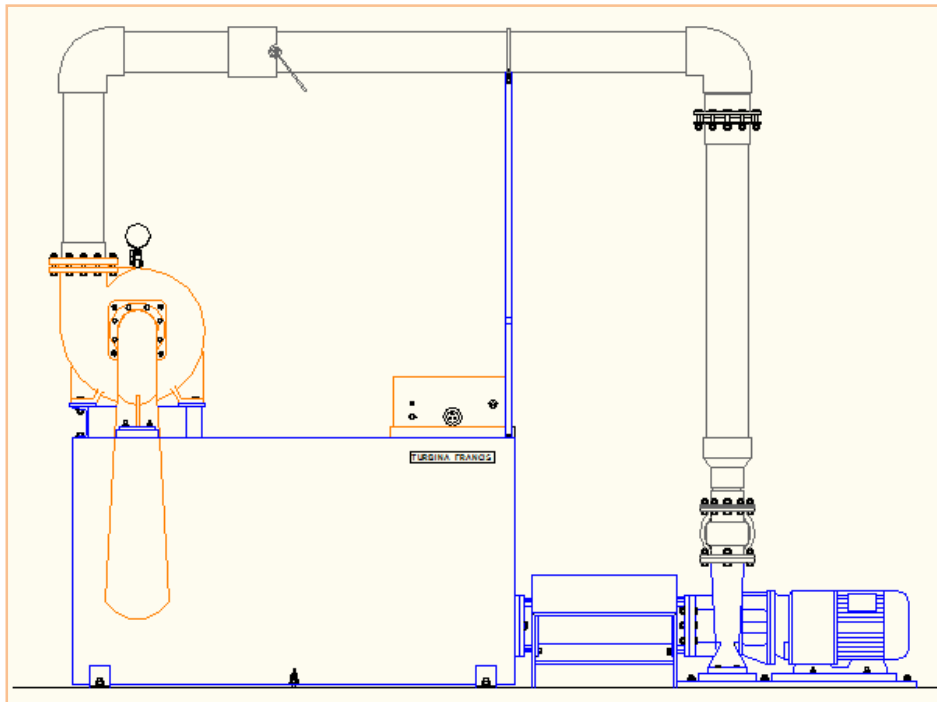


**Figura. 3.4** Esquema de la turbina Pelton

#### 3.6.7.2 Banco de pruebas de la turbina Francis

- Tanque de medición
- Tacómetro de 0 – 200 rpm
- Tubería de desfogue PVC 6"

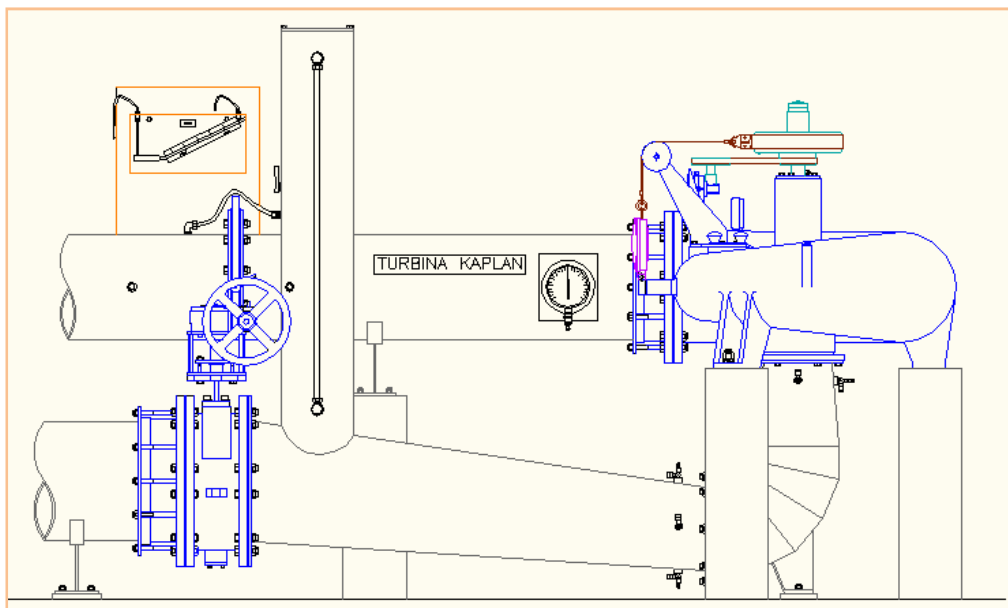
- Bomba centrífuga 7.5 kw 1750 rpm
- Tablero de control
- Soporte de tuberías
- Freno disco con dinamómetro



**Figura. 3.5** Esquema de la turbina Francis

### 3.6.7.3 Banco de pruebas de la turbina Kaplan

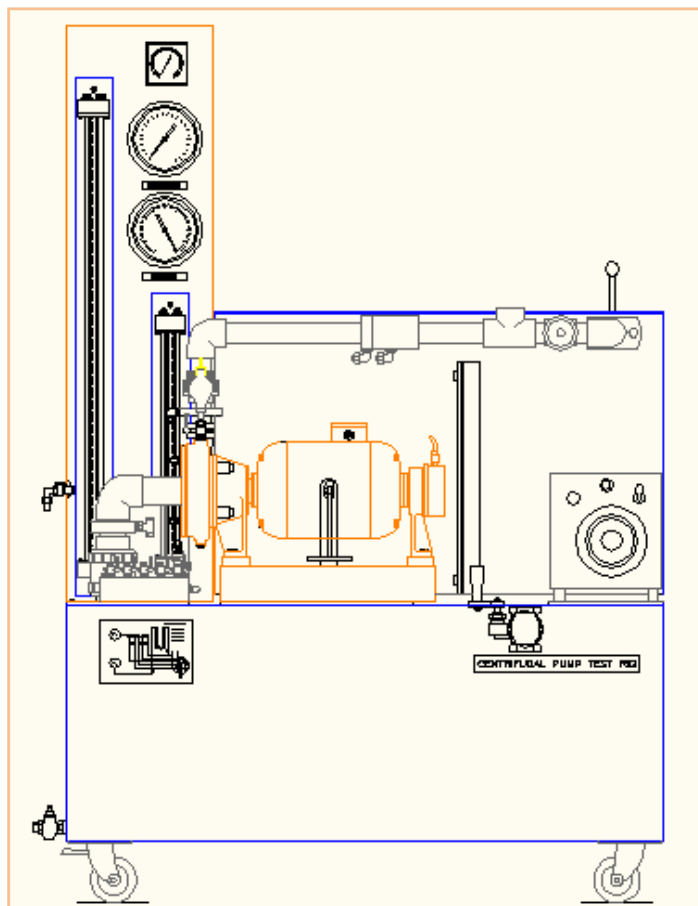
- Tacómetro de 0 – 3000 rpm
- Válvula de compuerta 14'' y 16' con bridas
- Tubería de 14'' y 16''
- Bomba de flujo axial
- Motor de 1740 rpm con panel de control
- Motor de 1740 rpm con panel de control
- Juego de pesas 10 de 5 kg, 3 de 2 kg, 2 de 1 kg, 3 de 500 gr, 1 de 100 gr
- Medidor de flujo d placa orificio
- Tres manómetros
- Manómetro diferencial inclinado de mercurio
- Manómetro diferencial de agua 500ml
- Tubo de 2 alabes de la bomba axial



**Figura. 3.6** Esquema de la turbina Kaplan

#### 3.6.7.4 Banco de pruebas de la Bomba Centrífuga

- Tubería de succión y válvula
- Tubería de descarga
- Venturímetro y válvula de 1 1/2 "
- Motor Shunt 2.1 Hp con trazo para medir torque y contrapeso
- Manómetro diferencial de mercurio de 0- 1000 mm
- Manómetro diferencial de mercurio de 500 mm
- 2 pesas de 1 Kg
- Un vacuómetro de 0 – 5 m de Agua
- Un contrapeso
- Un vacuómetro de 0 – 5 m de Agua
- Un contrapeso
- Manómetro de 0 – 25 m de Agua
- Rodetes
- Tanque de succión fibra de vidrio azul
- Tanque de descarga fibra de vidrio azul con escala
- Válvula de apertura rápida de 2 “

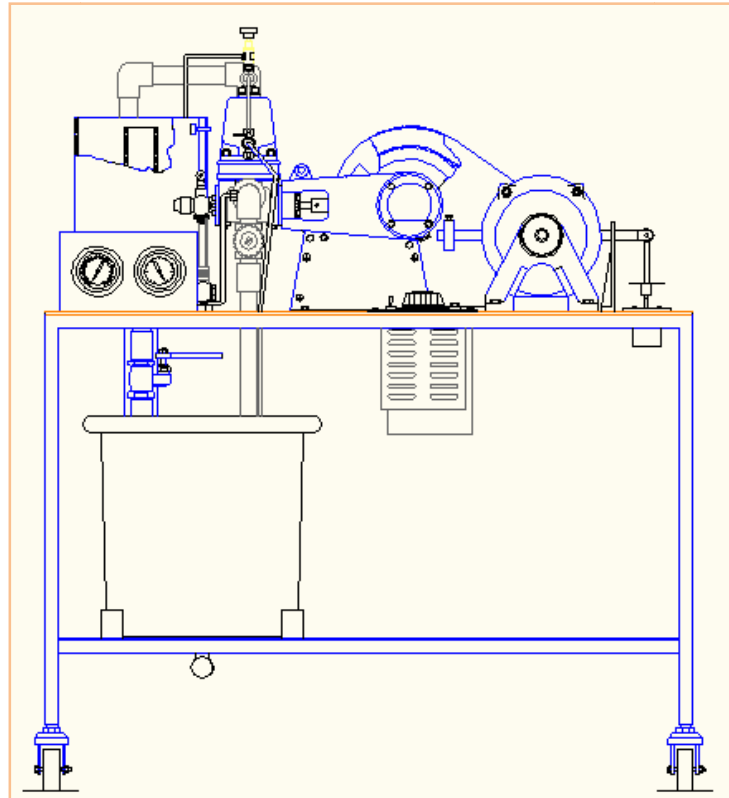


**Figura. 3.7** Esquema de la Bomba Centrífuga

#### **3.6.7.5 Banco de pruebas de la Bomba Reciprocante**

- Mesa tubo cuadrado con ruedas
- Bomba de comprobación, cámara de aire
- Sistema de transmisión por banda dentada
- Vacuómetro de 0 – 1 bar
- Manómetro de 0 – 7 bar
- Tanque de succión plástico
- Juego de pesas 2 de 500gr. 2 de 100 gr, 1 de 50 gr.
- Tanque de descarga acrílico con escala para medir flujo
- Motor Shunt de 0.75 Hp con palanca
- Excitador de campo
- Caja de madera con llave tornillo perno bronce 3 agujas

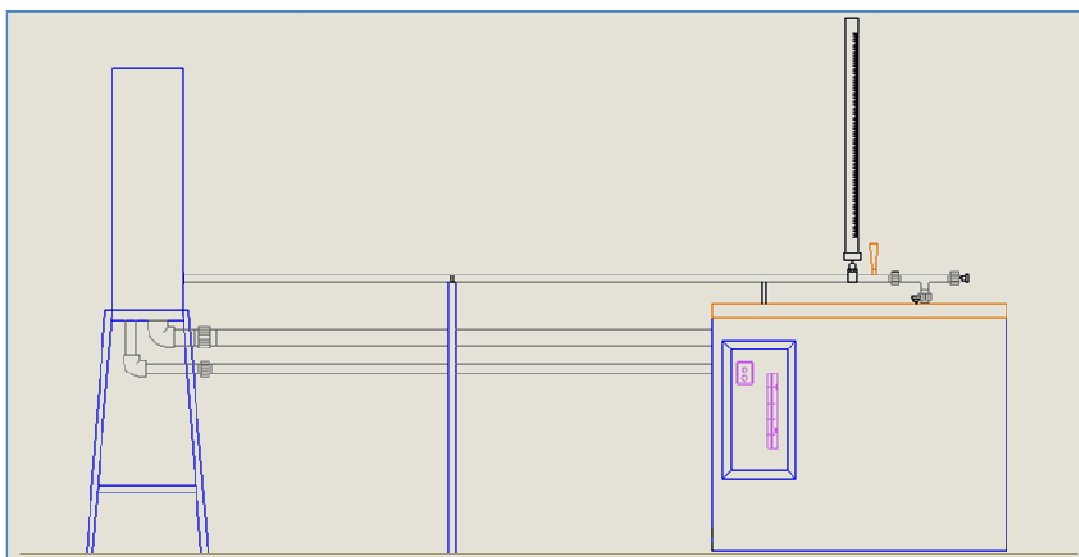




**Figura. 3.8** Esquema de la Bomba Reciprocante

#### 3.6.7.6 Banco de pruebas de la Chimenea de Equilibrio

- Bomba con tubería de descarga 1" conectada a un tanque reservorio
- Dos tuberías de acero inoxidable 1" con sensores de presión
- Tanque volumétrico
- Osciloscopio



**Figura. 3.9** Esquema de la Chimenea de Equilibrio

### 3.6.8 Orden y limpieza

Hay muchas reglas que se pueden establecer para lograr el orden y la limpieza, muchas son conocidas, pero poco las respetamos en nuestro hacer diario.

- No sobrecargar las estanterías, dispositivos de almacenamiento.
- Ponga la herramienta de vuelta en la estantería cuando termine de usarlas.
- No invadir áreas restringidas.
- Mantener los pasillos, escaleras y puertas libres al paso, limpias y bien señalizadas.
- No deje objetos sobre el piso.
- Mantener los pisos secos.
- Eliminar las manchas de aceite, grasa, combustibles, etc. del suelo.
- Guarde todos los tubos, conexiones, etc. en lugares apropiados
- Guarde todos los elementos que use al finalizar el trabajo.

### **Limpieza y prolijidad en el equipo**

La prolijidad en el equipo:

- Reducirá los costos de operación
- Mejorará el control de la operación
- Conservará materiales y repuestos
- Ahorrará tiempo de parada del equipo
- Usará el espacio más eficientemente
- Disminuirá el índice de accidente en el equipo
- Las inspecciones eficaces del equipo ayudaran a mejorar la prolijidad del mismo

## **CAPÍTULO IV**

### **4. REQUISITOS RELATIVOS A LA GESTIÓN DE CALIDAD**

#### **4.1 Organización**

Es responsabilidad del laboratorio realizar sus actividades de ensayo y de calibración de modo que se cumplan los requisitos de esta Norma Internacional y se satisfagan las necesidades de los clientes, autoridades reglamentarias u organizaciones que otorgan reconocimiento.

El sistema de gestión debe cubrir el trabajo realizado en las instalaciones permanentes del laboratorio, en sitios fuera de sus instalaciones permanentes o instalaciones temporales o móviles asociados.

Si el laboratorio es parte de una organización que desarrolla actividades distintas de las de ensayo o de calibración, se deben definir las responsabilidades del personal clave de la organización que participa o influye en las actividades de ensayo o de calibración del laboratorio, con el fin de identificar potenciales conflictos de intereses.

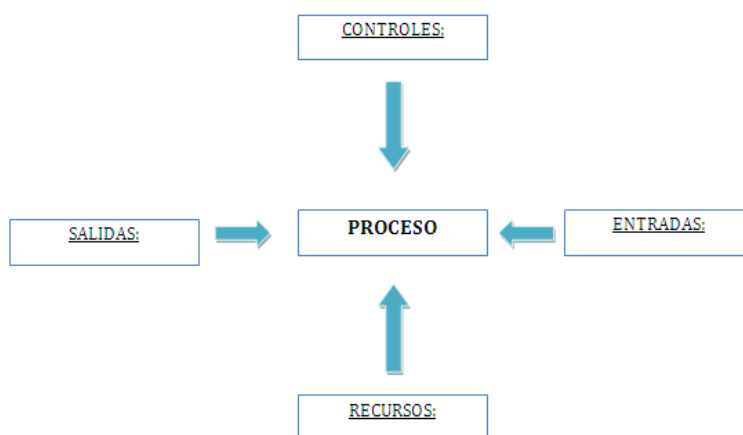
#### **4.2 Sistema de gestión**

El laboratorio debe establecer, implementar y mantener un sistema de gestión apropiado al alcance de sus actividades. El laboratorio debe documentar sus políticas, sistemas, programas, procedimientos e instrucciones tanto como sea necesario para asegurar la calidad de los resultados de los ensayos o calibraciones.

La documentación del sistema debe ser comunicada al personal pertinente, debe ser comprendida por él, debe estar a su disposición y debe ser implementada por él.

La alta dirección debe proporcionar evidencias del compromiso con el desarrollo y la implementación del sistema de gestión y con mejorar continuamente su eficacia. Debe comunicar a la organización la importancia de satisfacer tanto los requisitos del cliente como los legales y reglamentarios.

## PROCESOS ESTRATÉGICOS DEL LABORATORIO DE TURBOMÁQUINAS RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN



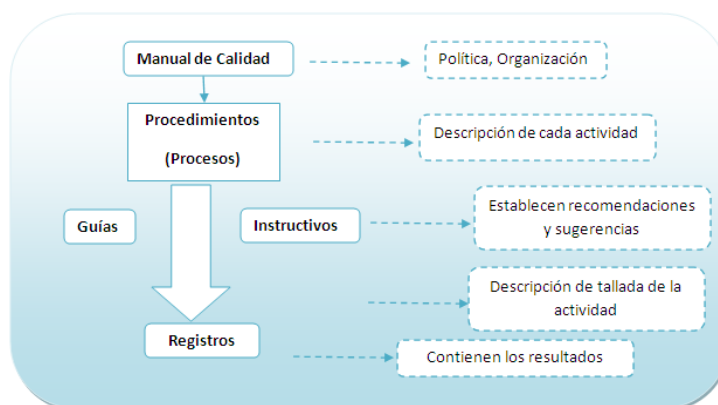
**Figura 4.1:** Diagrama de procesos

### 4.3 Control de los documentos

#### 4.3.1 Generalidades

El laboratorio debe establecer y mantener procedimientos para el control de todos los documentos que forman parte de su sistema de gestión (generados internamente o de fuentes externas), tales como la reglamentación, las normas y otros documentos normativos, los métodos de ensayo o de calibración, así como los dibujos, las especificaciones, las instrucciones y los manuales.

El laboratorio ha determinado a través del modelo estratégico corporativo, incorporar a los diferentes procesos, las practicas colaborativas que son esenciales para tratar de entender las herramientas y conceptos operacionales



**Figura 4.2:** Árbol de documentación

Todos los registros se mantienen en forma segura y confidencial y el control de ellos se realiza generando una lista de maestra de registros ANEXO HT6.

#### **4.3.2 Aprobación y emisión de los documentos**

Todos los documentos distribuidos entre el personal del laboratorio como parte del sistema de gestión deben ser revisados y aprobados, para su uso, por el personal autorizado antes de una emisión. Se debe establecer una lista maestra o un procedimiento equivalente de control de la documentación, identificando el estado de revisión vigente y la distribución de los documentos del sistema de gestión, la cual debe ser fácilmente accesible con el fin de evitar el uso de los documentos no válidos u obsoletos.

Los documentos del sistema de gestión generados por el laboratorio deben ser identificados unívocamente. Dicha identificación debe incluir la fecha de emisión o una identificación de la revisión, la numeración de las páginas, el número total de páginas o una marca que indique el final del documento, y la o las personas autorizadas a emitirlos ANEXO HT7.

El laboratorio respalda y archiva todos los documentos que sean generados por el Sistema de Calidad, así como los registros de resultados obtenidos en los diferentes ensayos realizados en el mismo. El control y manejo de dicha documentación genera el ANEXO HT8, en el cual se indica claramente al responsable de la elaboración, aprobación y emisión de los documentos

#### **4.3.3 Cambios a los documentos**

Los cambios a los documentos deben ser revisados y aprobados por la misma función que realizó la revisión original, a menos que se designe específicamente a otra función. El personal designado debe tener acceso a los antecedentes pertinentes sobre los que basará su revisión y su aprobación.

Cuando se posible, se debe identificar el texto modificado o nuevo en el documento o en los anexos apropiados ANEXO HT9.

#### **4.3.4 Revisión de los pedidos, ofertas y contratos**

El laboratorio debe establecer y mantener procedimientos para la revisión de los pedidos, las ofertas y los contratos.

Cualquier diferencia entre el pedido u oferta y el contrato debe ser resuelta antes de iniciar cualquier trabajo. Cada contrato debe ser aceptable tanto para el laboratorio como para el cliente ANEXO HT10.

#### **4.4 Subcontratación de ensayos y calibraciones**

Cuando el laboratorio subcontrate un trabajo, ya sea debido a circunstancias no previstas (Por ejemplo, carga de trabajo, necesidad de conocimientos, técnicos adicionales o incapacidad temporal), se debe encargar ese trabajo a un subcontratista competente. Un subcontratista competente es el que, por ejemplo, cumple esta Norma Internacional para el trabajo en cuestión.

El laboratorio debe advertir al cliente, por escrito, sobre el acuerdo y cuando corresponda, obtener la aprobación del cliente, preferentemente por escrito.

El laboratorio es responsable frente al cliente del trabajo realizado por el subcontratista, excepto en el caso que el cliente o una autoridad reglamentaria especifique el subcontratista a utilizar.

El laboratorio debe seleccionar y calificar a los subcontratistas para ensayos y calibraciones y mantener un registro de los mismos. ANEXO HT11.

#### **4.5 Compra de servicios y suministros**

El laboratorio debe tener una política y procedimientos para la selección de los proveedores de los suministros que utiliza y que afectan a la calidad de las pruebas a ser realizadas. La selección de proveedores de suministros solo es autorizada por el Jefe del Laboratorio. El laboratorio debe tener un listado de proveedores ANEXO HT12, a quienes se evaluará y calificará de acuerdo a los requerimientos establecidos.

Deben existir procedimientos para la compra (ANEXO HT13), recepción (ANEXO HT14) y el almacenamiento de los materiales consumibles del laboratorio que se necesiten para los pruebas.

EL laboratorio debe asegurarse de que los suministros y los materiales consumibles comprados, que afectan a la calidad de las pruebas no sean utilizados hasta que no hayan sido inspeccionados, o verificados de alguna otra forma

Además se seguirá el siguiente procedimiento para realizar la adquisición de suministros y servicios:

Cualquier compra de materiales y equipos debe constar en el POA y en PAC que se elabora al año anterior a la compra.

**POA:** Plan Operativo Anual que se elabora en cada facultad hasta el mes de Septiembre de cada año. Constan todos los proyectos que se desarrollan en el siguiente año fiscal.

**PAC:** Plan Anual de Compras que se elabora en cada facultad hasta el mes de Septiembre de cada año. Cada proyecto debe describir en forma unitaria todos sus requerimientos

Presentar con oficio los requerimientos en el formato del PAC y POA por parte del jefe de laboratorio al Decano y Vicedecano

Proceso de compra:

1. Presentar un oficio por parte del docente que requiere el suministro dirigida al señor decano.
2. Con el visto bueno del Decano hacer la Justificación del Requerimiento, ANEXO HT15.
3. Acudir al departamento de Planificación para certificar que consta en el POA.
4. Acudir al departamento de adquisiciones para certificar que consta en el PAC.
5. Ir al departamento de Contabilidad para que le asignen la partida presupuestaria.
6. Acudir al departamento de adquisiciones donde el Jefe de Adquisiciones autoriza la concesión de 2 proformas.
7. En el caso de máquinas o equipos se necesita un Informe Técnico de un docente afín al área del requerimiento.
8. Con las proformas y el visto bueno del Jefe de Adquisiciones se inicia el proceso de compra.
9. El proveedor tiene que entregar los siguientes documentos:
10. Copia de la cédula de identidad

11. Copia del RUC
12. Certificación Bancaria de la cuenta habilitada
13. Llevar las adquisiciones y entregar en Bodega, donde se hará el ingreso de los mismos.
14. Llevar el ingreso donde el proveedor para que firme.
15. Dejar el regreso de los materiales o equipos en Bodega con la persona responsable.
16. Ir a inventarios a registrar los equipos para que conste en la cédula.
17. Adquirir la factura original y tres copias
18. Con estos documentos legalizados realizar la Orden de Pago, ANEXO HT16
19. Entregar estos documentos en el Departamento Financiero para ingresar al sistema el Nombre del proveedor que se lo hace una vez al año.
20. La solicitud de compra, el justificativo, las proformas, el ingreso y egreso de bodega, el informe técnico y las facturas (original + 3 copias máximo con tres días de vigencia), se llevan al rectorado para las firmas correspondientes en la orden de pago y solicitud.
21. Esta documentación se la lleva al departamento de adquisiciones para que el Jefe de Adquisiciones ponga el visto bueno. Además de ello se deberá llevar una copia de la orden de pago, solicitud de adquisiciones y factura para que se ponga el sello de escaneado.
22. Acudir al departamento Financiero donde reciben los documentos y entregan el comprobante de ingreso.
23. Con el comprobante de ingreso a los 2 o 3 días se acude a retirar el comprobante de retención que se la deja donde el proveedor.
24. La transferencia se la realiza en unos 15 días
25. En unas 2 semanas se puede ir si se necesita ir a retirar la certificación de la Transferencia.

#### **4.6 Servicios al cliente**

El laboratorio debe estar dispuesto a cooperar con los clientes, sus representantes para aclarar el pedido del cliente y para realizar el seguimiento del desempeño del laboratorio en relación del trabajo realizado, siempre que el laboratorio garantice la confidencialidad hacia otros clientes.



El laboratorio debe tener una política y un procedimiento para la resolución de las quejas recibidas de los clientes y de otras partes. Se deben mantener los registros de todas las quejas así como de las investigaciones y las acciones correctivas, llevadas a cabo por el laboratorio ANEXO HT17.

#### **4.7 Control de trabajos de ensayos y calibraciones no conformes**

El laboratorio debe tener una política y procedimientos que se deben implementar cuando cualquier aspecto de su trabajo, o el resultado de dichos trabajos, no son conformes con sus propios procedimientos o con los requisitos aprobados acordados con el cliente.

Si dentro de los controles de calidad internos se identifican que los resultados de los análisis no están conformes, se detiene el trabajo y se investigan las causas siguiendo las pautas indicadas en cada proceso. Una vez identificadas las causas y si corresponde, se repiten los ensayos involucrados.

#### **4.8 Mejora**

El laboratorio debe mejorar continuamente la eficacia de sus sistemas de gestión mediante el uso de la política de la calidad, los objetivos de la calidad, los resultados, de las auditorias, el análisis de los datos, las acciones correctivas y preventivas y la revisión por la dirección.

#### **4.9 Acciones correctivas**

##### **4.9.1 Generalidades**

El laboratorio debe establecer una política y un procedimiento para la implementación de acciones correctivas cuando se haya identificado una no conformidad o desvíos de la políticas o procedimientos del sistema de gestión o de las operaciones técnicas, y debe designar personas apropiadamente autorizadas para implementarlas.

#### **4.9.2 Análisis de causa**

El procedimiento de acciones correctivas debe comenzar con una investigación para determinar la o las causas raíz del problema.

#### **4.9.3 Selección e implementación de las acciones correctivas**

Cuando se necesite una acción correctiva, el laboratorio debe identificar las acciones correctivas posibles. Debe seleccionar e implementar la o las acciones con mayor posibilidad de eliminar el problema y prevenir su repetición ANEXO HT18.

#### **4.9.4 Seguimiento a las acciones correctivas**

El laboratorio debe realizar el seguimiento de los resultados para asegurarse de la eficacia de las acciones correctivas implementadas.

#### **4.9.5 Auditorías adicionales**

Se desarrollan auditorías adicionales cuando se identifican algún problema o riesgo que afecten los resultados de los ensayos o el funcionamiento del laboratorio, o para evaluar la eficacia de acciones correctivas implementadas.

#### **4.10 Acciones preventivas**

Cuando se identifiquen oportunidades de mejora o si se requiere una acción preventiva, se deben desarrollar, implementar y realizar el seguimiento de planes de acción, a fin de reducir la probabilidad de ocurrencia de dichas no conformidades y aprovechar las oportunidades de mejora.

Los procedimientos para las acciones preventivas deben incluir la iniciación de dichas secciones y la aplicación de controles para asegurar que sean eficaces ANEXO HT18.

#### **4.11 Control de los registros**

##### **4.11.1 Generalidades**

El laboratorio establece y mantiene un procedimiento para la identificación y codificación de los registros de calidad y los registros técnicos. Los registros de la

calidad incluyen los informes de las Auditorías Internas, de las Revisiones por la Dirección, así como los registros de las acciones correctivas y preventivas.

Todos los registros son legibles y se almacenan y conservan de modo que sean fácilmente recuperables en instalaciones que les proveen un ambiente adecuado para prevenir los daños, el deterioro y las pérdidas. Se establece el tiempo de retención de los registros de 6 años, salvo en aquellos casos en que la ley exija un tiempo mayor.

#### **4.11.2 Registros técnicos**

El laboratorio conserva, por un período de 6 años, los registros de las observaciones originales, de los datos derivados e información suficiente para establecer un protocolo de control, los registros de calibración, los registros del personal y una copia de cada informe de ensayo emitido.

Los registros correspondientes a cada ensayo contienen suficiente información para facilitar, cuando sea posible, la identificación de los factores que afectan a la incertidumbre y posibilitan que el ensayo sea repetido bajo condiciones lo más cercanas posible a las originales. Los registros incluyen la identidad del personal responsable de la realización de cada ensayo y de la verificación de los resultados.

Las observaciones, los datos y los cálculos se registran en el momento de hacerlos y pueden así ser relacionados con la operación en cuestión.

Cuando ocurren errores en los registros, cada error es tachado, no borrado, hecho ilegible ni eliminado y el valor correcto se escribe al margen. Todas estas alteraciones a los registros son firmadas o inicializadas por la persona que realiza la corrección.

#### **4.12 Auditorías externas e internas**

El laboratorio debe efectuar periódicamente, de acuerdo con un calendario y un procedimiento predeterminado, auditorías internas (ANEXO HT19) de sus actividades para verificar que sus operaciones continúan cumpliendo con los requisitos del sistema de gestión y de esta Norma Internacional. El programa de auditoría interna debe considerar todos los elementos del sistema de gestión, incluidas las actividades de ensayo y calibración. Es el Jefe de Laboratorio el

responsable de la calidad quien debe planificar y organizar las auditorias según lo establecido en el calendario y lo solicitado por la dirección. Tales auditorias deben ser efectuadas por personal formado y calificado, quien será, siempre que los recursos lo permitan, independiente de la actividad a ser auditada.

Cuando los hallazgos de las auditorías ponen en duda la eficacia de las operaciones o la exactitud o validez de los resultados de las pruebas de laboratorio, se toman las acciones correctivas oportunas y, si corresponde se notifica por escrito las no conformidades ANEXO HT19.

#### **4.13 Revisiones por la dirección**

La alta dirección del laboratorio efectúa al menos una vez al año, una revisión del sistema de gestión y de las actividades de ensayo del laboratorio, para asegurarse de que se mantienen constantemente adecuados y eficaces, y para introducir los cambios o mejoras necesarios. La revisión tiene en cuenta al menos todos los elementos que la Norma solicita. Se evalúa además el cumplimiento de los objetivos de calidad planteados y se planifican las actividades del año venidero.

## **CAPÍTULO V**

### **5. REQUISITOS TÉCNICOS PARA LA APLICACIÓN DE LA NORMA**

#### **5.1 Generalidades**

Muchos factores determinan la exactitud y la confiabilidad de los ensayos o de las calibraciones realizadas por un laboratorio. Estos factores incluyen elementos provenientes:

- De los factores humanos
- De las instalaciones y condiciones ambientales
- De los métodos de ensayo y de calibración, y de la validación de los métodos.
- De los equipos
- De la trazabilidad de las mediciones
- Del muestreo
- De la manipulación de los ítems de ensayo y de calibración

El grado con el que los factores contribuyen a la incertidumbre total de la medición difiere considerablemente según los ensayos y calibraciones. El laboratorio debe tener en cuenta estos factores al desarrollar los métodos y procedimientos de ensayo y de calibración, en la formación y la calificación del personal, así como en la selección y la calibración de los equipos utilizados.

#### **5.2 Personal**

La dirección del laboratorio debe asegurar la competencia de todos los que operan equipos específicos, realizan ensayos o calibraciones, evalúan los resultados y firman los informes de ensayos y los certificados de calibración. El personal que realiza tareas específicas debe estar calificado sobre la base de una educación, una formación, una experiencia apropiadas y de habilidades demostradas.

En el caso del asistente de laboratorio la dirección debe a más de ser un requisito ganar el concurso de merecimiento, proveer una capacitación adecuada, libros y

folletos para el manejo de las máquinas, y una constante actualización de información.

### **5.3 Instalaciones y condiciones ambientales**

El laboratorio debe asegurarse de que las condiciones ambientales no invaliden los resultados ni comprometan la calidad requerida de las mediciones. Se deben tomar precauciones especiales cuando el muestreo y los ensayos o las calibraciones se realicen en sitios distintos de la instalación permanente del laboratorio.

El laboratorio debe realizar el seguimiento, controlar y registrar las condiciones ambientales según lo requieran las especificaciones, métodos y procedimientos correspondientes, o cuando éstas pueden influir en la calidad de los resultados.

Para asegurar la calidad de los ensayos y pruebas, es necesario controlar y monitorear las condiciones ambientales con el fin de asegurar la reproducibilidad en los resultados obtenidos en los servicios, además nos ayuda a reducir el número y orden de las correcciones necesarias al hacer mediciones que se vean afectadas por ambientes adversos.

El laboratorio debe mantener la humedad en valores bajos con el propósito de minimizar la corrosión de los equipos, evitar los efectos higroscópicos de algunos materiales y permitir un confort óptimo para el personal del laboratorio.

### **5.4 Métodos de ensayo y calibración y validación de los métodos**

#### **5.4.1 Generalidades**

El laboratorio debe aplicar métodos y procedimientos apropiados para todos los ensayos o las calibraciones dentro de su alcance. Estos incluyen el muestreo, la manipulación, el transporte, el almacenamiento y la preparación de los ítems a ensayar o a calibrar y, cuando corresponda, la estimación de la incertidumbre de la medición así como técnicas estadísticas para el análisis de los datos de los ensayos o de las calibraciones.

El laboratorio debe tener instrucciones para el uso y el funcionamiento de todo el equipamiento pertinente, y para la manipulación y la preparación de los ítems a

ensayar o a calibrar, o ambos, cuando la ausencia de tales instrucciones pudiera comprometer los resultados de los ensayos o de las calibraciones. Todas las instrucciones, normas, manuales y datos de referencia correspondientes al trabajo de laboratorio se deben mantener actualizados y deben estar fácilmente disponibles para el personal.

#### **5.4.2 Selección de los métodos**

El laboratorio debe utilizar los métodos de ensayo o de calibración, incluidos los de muestreo, que satisfagan las necesidades del cliente y que sean apropiadas para los ensayos o las calibraciones que realiza. Se deben utilizar preferentemente los métodos publicados como normas internacionales, regionales o nacionales.

#### **5.4.3 Métodos desarrollados por el laboratorio**

La introducción de los métodos de ensayo y de calibración desarrolladas por el laboratorio para su propio uso debe ser una actividad planificada y debe ser asignada a personal calificado, provisto de los recursos adecuados.

Dentro de los ensayos realizados tenemos:

- Banco de Pruebas de la Turbina Pelton
- Banco de Pruebas de la Turbina Francis
- Banco de Pruebas de la Turbina Kaplan
- Banco de Pruebas de la Bomba Centrífuga
- Banco de Pruebas de la Bomba Reciprocante
- Banco de Pruebas de la Chimenea de Equilibrio

#### **5.4.4 Métodos no normalizados**

Cuando sea necesario utilizar métodos no normalizados, éstos deben ser acordados con el cliente y deben incluir una especificación clara de los requisitos del cliente y del objeto de ensayo o de la calibración ANEXO HT20. El método desarrollado debe haber sido validado adecuadamente antes del uso.

#### **5.4.5 Validación de los métodos**

La validación es la confirmación, a través del examen y el aporte de evidencias objetivas, de que se cumplen los requisitos particulares para un uso específico previsto.

El laboratorio debe validar los métodos utilizados. La validación debe ser tan amplia como sea necesario para satisfacer las necesidades del tipo de aplicación o del campo de aplicación dados. El laboratorio debe registrar los resultados obtenidos, el procedimiento utilizado para la validación y una declaración sobre la aptitud del método para el uso previsto.

Una manera de validar los datos obtenidos es la comparación de los resultados con datos de tablas ya existentes, considerar un rango de error y verificar si los datos se encuentran dentro de este rango, caso contrario se deberá verificar la calibración de los equipos.

##### **Parámetros recomendados para la validación:**

- Recuperación
- Sensibilidad
- Selectividad
- Robustez
- Límite de detección.
- Límite cuantificación
- Intervalo lineal y de trabajo
- Reproducibilidad
- Repetitividad
- Sesgo (evaluado a partir de la recuperación)
- Incertidumbre.

#### **5.4.6 Estimación de la incertidumbre de la medición**

Un laboratorio de calibración, o un laboratorio de ensayo que realiza sus propias calibraciones, debe tener y aplicar un procedimiento para estimar la incertidumbre de la medición para todas las calibraciones y todos los tipos de calibraciones.



Los laboratorios de ensayo deben tener y deben aplicar procedimientos para estimar la incertidumbre de la medición. En algunos casos la naturaleza del método de ensayo puede excluir un cálculo riguroso, metrológicamente y estadísticamente válido, de la incertidumbre de medición. En estos casos el laboratorio debe, por lo menos, tratar de identificar todos los componentes de la incertidumbre y hacer una estimación razonable, y debe asegurarse de que la forma de informar el resultado no dé una impresión equivocada de la incertidumbre. Una estimación razonable se debe basar en un conocimiento del desempeño del método y en el alcance de la medición y debe hacer uso, por ejemplo, de la experiencia adquirida y de los datos de validación anteriores.

#### **5.4.7 Control de los datos**

Los cálculos y la transferencia de los datos deben estar sujetos a verificaciones adecuadas llevadas a cabo de una manera sistemática.

### **5.5 Equipos**

El laboratorio debe estar provisto con todos los equipos para el muestreo, la medición y el ensayo, requeridos para la correcta ejecución de los ensayos o de las calibraciones. En aquellos casos en los que el laboratorio necesite utilizar equipos que estén fuera de su control permanente, se debe asegurar de que se cumplan los requisitos de esta Norma Internacional.

### **5.6 Trazabilidad de las mediciones**

#### **5.6.1 Generalidades**

Todos los equipos utilizados para los ensayos o calibraciones, incluidos los equipos para mediciones auxiliares (Por ejemplo, de las condiciones ambientales) que tengan un efecto significativo en la exactitud o en la validez del resultado de los ensayos, de la calibración o del muestreo, deben ser calificados antes de ser puestos en servicio, El laboratorio debe establecer un programa y un procedimiento para la calibración de sus equipos.

### **5.6.2 Requisitos específicos**

#### **Calibración**

Para los laboratorios de calibración, el programa de calibración de los equipos debe ser diseñado y operado de modo que se asegure que las calibraciones y las mediciones hechas por el laboratorio sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI). Capítulo VII Calibración de los equipos y guía de laboratorio.

#### **Ensayos**

Para los laboratorios de ensayo, los requisitos dados para la calibración se aplican a los equipos de medición y de ensayo con funciones de medición que utiliza, a menos que se haya establecido que la incertidumbre introducida por la calibración contribuye muy poco a la incertidumbre total del resultado de ensayo. Cuando se dé esta situación, el laboratorio debe asegurarse de que el equipo utilizado puede proveer la incertidumbre de medición requerida.

Cuando la trazabilidad de las mediciones a las unidades SI no sean posible o no sea pertinente, se deben exigir los mismos requisitos para la trazabilidad (por ejemplo, por medio de materiales de referencia certificados, métodos acordados o normas consensuadas) que para los laboratorios de calibración.

### **5.6.3 Patrones de referencia y materiales de referencia**

#### **Patrones de referencia**

El laboratorio debe tener un programa y un procedimiento para la calibración de sus patrones de referencia. Los patrones de referencia deben ser calibrados por un organismo que pueda proveer la trazabilidad como se indica la calibración. Dichos patrones de referencia para la medición, conservados por el laboratorio, deben ser utilizados sólo para la calibración y para ningún otro propósito, a menos que se pueda demostrar que su desempeño como patrones de referencia no será invalidado. Los patrones de referencia deben ser calibrados antes y después de cualquier ajuste.

### **Materiales de referencia**

Cada vez que sea posible se debe establecer la trazabilidad de los materiales de referencia a las unidades de medida SI o a materiales de referencia certificados. Los materiales de referencia internos deben ser verificados en la medida que sea técnica y económicamente posible.

### **Verificaciones intermedias**

Se deben llevar a cabo las verificaciones que sean necesarias para mantener la confianza en el estado de calibración de los patrones de referencia, primarios, de transferencia o de trabajo y de los materiales de referencia de acuerdo con procedimientos y una programación definidos.

### **Transporte y almacenamiento**

El laboratorio debe tener procedimientos para la manipulación segura, el transporte, el almacenamiento y el uso de los patrones de referencia y materiales de referencia con el fin de prevenir su contaminación o deterioro y preservar su integridad.

## **5.7 Muestreo**

El laboratorio debe tener un plan y procedimientos para el muestreo cuando efectúe el muestreo de sustancias, materiales o productos que luego ensaye o calibre. El plan y el procedimiento para el muestreo deben estar disponibles en el lugar donde se realiza el muestreo. Los planes de muestreo deben siempre que sea razonable, estar basados en métodos estadísticos apropiados. El proceso de muestreo debe tener en cuenta los factores que deben ser controladas para asegurar la validez de los resultados de ensayo y de calibración.

## **5.8 Manipulación de los ítems de ensayo y de calibración**

El laboratorio debe tener procedimientos para el transporte, la recepción, la manipulación, la protección, el almacenamiento, la conservación o la disposición final de los ítems de ensayo o de calibración, incluidas todas las disposiciones

necesarias para proteger la integridad de ítems de ensayo o de calibración, así como los intereses del laboratorio o del cliente.

## **5.9 Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y de calibración**

El laboratorio debe tener procedimientos de control de la calidad para realizar el seguimiento de la validez de los ensayos y las calibraciones llevados a cabo. Los datos resultantes deben ser registrados en forma tal que se puedan detectar las tendencias y, cuando sea posible, se deben aplicar técnicas estadísticas para la revisión de los resultados.

## **5.10 Informe de los resultados**

### **5.10.1 Informes de ensayo**

Los informes de ensayo deben incluir, en los casos en que sea necesario para la interpretación de los resultados de los ensayos, lo siguiente:

- a) Las desviaciones, adiciones o exclusiones del método de ensayo e información sobre condiciones de ensayo especificadas, tales como las condiciones ambientales.
- b) Cuando corresponda, una declaración sobre el cumplimiento o no cumplimiento con los requisitos o las especificaciones.
- c) Cuando sea aplicable, una declaración sobre la incertidumbre de medición estimada, la información sobre la incertidumbre es necesaria en los informes de ensayo cuando sea pertinente para la validez o aplicación de los resultados de los ensayos, cuando así lo requieran las instrucciones del cliente, o cuando la incertidumbre afecte al cumplimiento con los límites de una especificación.
- d) Cuando sea apropiado y necesario, las opiniones e interpretaciones.
- e) La información adicional que pueda ser requerida por métodos específicos, clientes o grupos de clientes.

### **5.10.2 Certificados de calibración**

Los certificados de calibración deben incluir, cuando sea necesario para la interpretación de los resultados de la calibración, lo siguiente:

- a) Las condiciones (por ejemplo, ambientales) bajo las cuales fueron hechas las calibraciones y que tengan una influencia en los resultados de la medición.
- b) La incertidumbre de la medición o una declaración de cumplimiento con una especificación metrológica identificada o con partes de ésta.
- c) Evidencia de que las mediciones son trazables.

### **5.10.3 Opiniones e interpretaciones**

Cuando se incluyan opiniones e interpretaciones, el laboratorio debe asentar por escrito las bases que respalden dichas opiniones e interpretaciones. Las opiniones e interpretaciones deben estar claramente identificadas como tales en un informe de ensayo.

### **5.10.4 Presentación de los informes y certificados**

La presentación elegida debe ser concebida para responder a cada tipo de ensayo o de calibración efectuado y para minimizar la posibilidad de mala interpretación o mal uso.

### **5.10.5 Modificaciones a los informes de ensayo y a los certificados de calibración.**

Las modificaciones de fondo a un informe de ensayo o certificado de calibración después de su emisión deben ser hechas solamente en la forma de un nuevo documento, o de la transferencia de datos, que incluyan la declaración.

## **CAPÍTULO VI**

### **6. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS EN EL LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA**

#### **6.1 Turbina Pelton**

La turbina Pelton fue inventada por Lester A. Pelton. Esta turbina se define como una turbina de acción, de flujo tangencial y de admisión parcial.

Opera más eficientemente en condiciones de grandes saltos, bajos caudales y cargas parciales.

##### **Tipos de turbinas Pelton**

- Micro turbinas Pelton

Se usan en zonas rurales aisladas donde se aprovechan los recursos hidroenergéticos que existen en pequeños ríos o quebradas para transformarlos en energía mecánica o eléctrica.

##### **Ensamblaje y montaje**

La turbina se ensambla en un sólido chasis construido con perfiles estructurales que permiten el acoplamiento en un solo bloque, de esta forma se puede realizar un pre-montaje del sistema turbina-generador.

- Mini turbinas Pelton

Según las normas europeas las mini centrales hidroeléctricas son aquellas que están comprendidas en el rango de 100kW a 1000kW de potencia.

Según la organización Latinoamericana de Energía clasifica en el rango de 50kW a 500kW. Los modelos desarrollados por ITDG cubren el rango de 50kW a 1000kW. El campo de aplicación es muy amplio, sobre todo para las poblaciones locales de zonas aisladas.

##### **Ensamblaje y montaje**

La turbina se ensambla en un sólido chasis construido con perfiles estructurales que permiten el acoplamiento en un solo bloque. Previamente es posible realizar un pre-montaje en el taller donde se fabrica, esto suele hacerse en el caso de turbinas más pequeñas, debido a su bajo costo de instalación.

- Pico turbinas Pelton

La aparición de pico centrales hidroeléctricas y consecuentemente de pico turbinas, tiene apenas una década. El rango de pico central está por debajo de los 10kW.

Las pico turbinas se aprovechan por los recursos hidráulicos existentes en quebradas muy pequeñas, manantiales u otras fuentes donde existen algunos chorros de agua y alguna pequeña

Caída que podría transformarse en energía mecánica o eléctrica.

Las pico turbinas se diseñan en la actualidad como pequeños bloques compactos, donde en una sola unidad se incluyen todas sus partes. Se caracteriza principalmente por su pequeño tamaño, su versatilidad y por su facilidad para el transporte e instalación.

Ensamblaje y montaje

La turbina se ensambla en un sólido chasis construido con perfiles estructurales que permite el ensamble con el generador en un solo bloque, haciendo un equipo portátil.

### 6.1.1 Banco de pruebas de la turbina Pelton

#### Datos técnicos

##### Turbina

- |   |          |
|---|----------|
| • Cabeza Neta de diseño                     | 30.5 m   |
| • Cabeza de Trabajo máxima                  | 76.2 m   |
| • Diámetro máximo de chorro                 | 1.88 m   |
| • Diámetro del círculo de ataque del rodete | 24.4 cm  |
| • Velocidad optima del eje                  | 8000 rpm |
| • Diámetro de la tubería de admisión        | 6.35 cm  |

##### Motobomba

- |                 |            |
|-----------------|------------|
| • Tipo de bomba | Centrifuga |
| • Tipo de motor | Trifásico  |
| • Potencia      | 7.5 Kw     |
| • Velocidad     | 3480 rpm   |

### 6.1.2 Principio de funcionamiento de la turbina Pelton

El equipo está compuesto de un eje horizontal apoyado en dos rodamientos, uno de bolas y otro de rodillos, el primero está diseñado para carga radial y axial y el segundo para carga radial el rodete Pelton es montado en un extremo del eje y asegurado con un perno al otro extremo de este es acoplado un dinamómetro.

Todo el rodete es mecanizado de bronce fundido y balanceado estáticamente para la operación libre de vibración.

Para evitar que el agua entre a la largo del eje principal tiene como sello un reten sobre un bocín de bronce ambos rodamientos son diseñados para ser lubricados para ser lubricados con graseros estándar.

El agua es alimentada a la tobera de la turbina a través del inyector de hierro fundido, en el cual, la regulación de la aguja es operada manualmente, en un extremo del eje de la aguja es apoyado en un bocín como guía para asegurar la concentricidad entre la aguja y la tobera. La cabeza de la aguja es de bronce montado a un eje de acero inoxidable y la tobera es maquinada en una fundición de bronce para cañón. El movimiento de la aguja es efectuado por medio de un eje roscado y tuerca operada manualmente, para su lubricación está provista de un graseo, la filtración a lo largo del eje de la aguja es evitada por medio de un sello de cuero.

La carcasa de la turbina es de hierro fundido, la cual tienen una ventana para inspeccionar, a través de esta, con una lámpara estroboscópica es posible observar el rodete en funcionamiento.

La potencia de salida de la turbina es observada a través de un dinámetro. La medida del torque se determina del valor marcado en la balanza. La velocidad rotacional de la turbina es indicada directamente en el dial del tacómetro operado con banda. La presión en el ducto de entrada es tomada en un manómetro de presión montada en la carcasa de la turbina y controlada por medio de una válvula de paso.



### 6.1.3 Curvas características (isoeficiencia) de la turbina Pelton

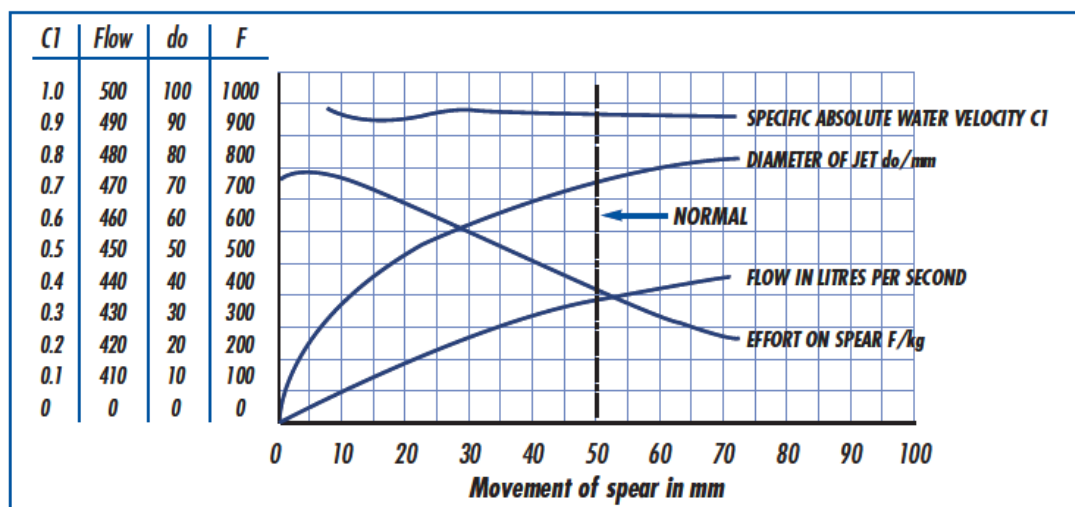


Figura6.1. Curvas características de la turbina Pelton [4]

### 6.1.4 Plan de mantenimiento

#### Objetivo

El objetivo del plan de mantenimiento es reducir en lo posible el costo final de operación del laboratorio, conservando en condiciones de funcionamiento seguro y eficiente todos los equipos que se operan.

#### Planificación y programación del mantenimiento preventivo

El equipo requiere un pequeño mantenimiento regular aparte de los chequeos por fugas y limpieza de rutina.

En el ANEXO HT 21 se indica las diferentes tareas de mantenimiento que se debe realizar al equipo y con qué frecuencia se sugiere hacerlo.

### 6.1.5 Plan de seguridad

#### Precaución

- Antes de conectar el equipo al suministro eléctrico, verificar que sea el voltaje correspondiente.
- Desconectar el equipo antes de los trabajos de mantenimiento
- Los estudiantes deben manejar el equipo en presencia del ayudante o jefe de laboratorio.
- No dejar caer líquidos al interior de partes eléctricas.

- En partes pintadas, de acrílico o PVC no usar solventes fuertes.
- Engrasar los rodamientos para evitar sobrecalentamientos.
- Chequear que la correa de seguridad del transmisor de caudal este bien apretada.
- Después de cada práctica sacar el tapón del inyector para drenar el agua que queda en la tobera.
- Tener mucho cuidado con las partes en movimiento para evitar accidentes.

### **Cuidados**

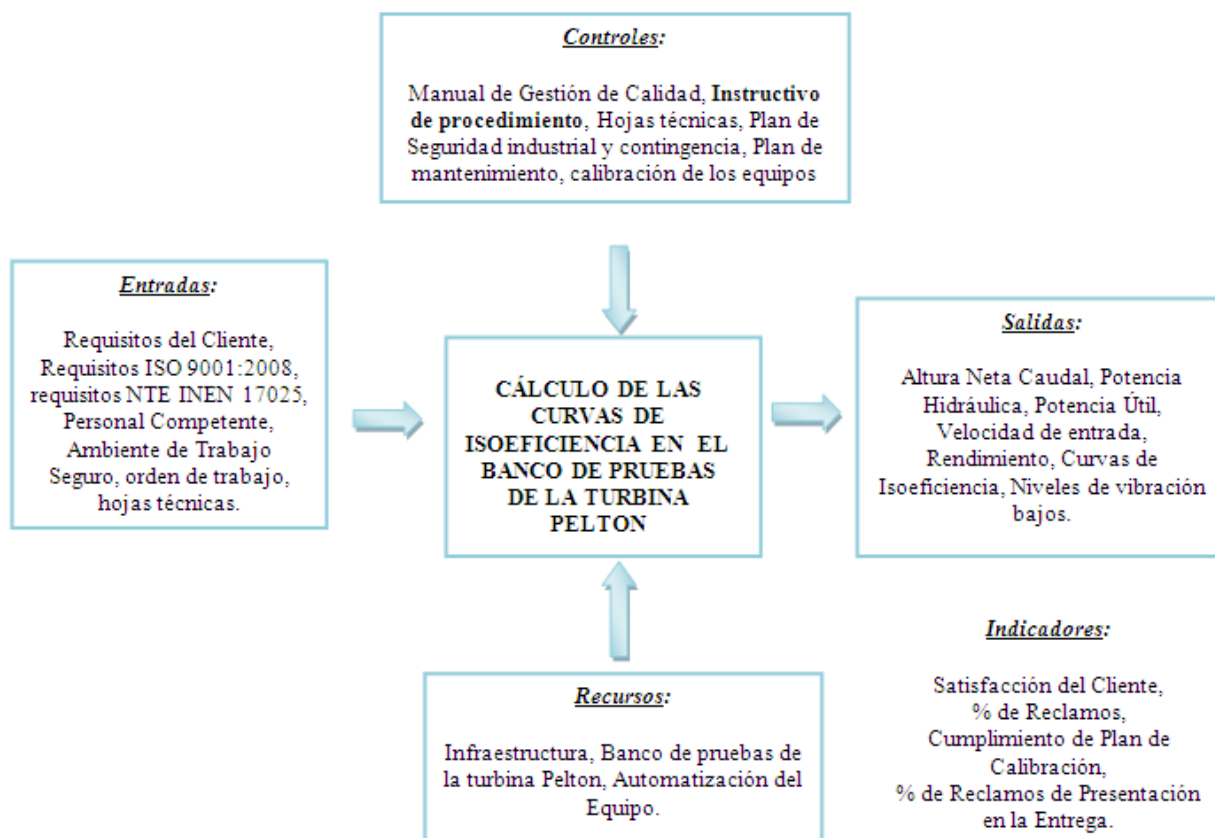
- Luego de la limpieza del equipo secar bien todas sus partes para que no se manche la pintura.
- Para reducir la corrosión del interior de la bomba se puede añadir al agua aditivos anticorrosivos.
- Para que las mediciones sean más exactas purgar completamente el aire de la manguera y el manómetro.
- Antes de encender la bomba revisar que el nivel del agua del tanque reservorio este por encima del tubo de succión casi hasta el filo del vertedero.
- Las partes de bronce y aluminio pulidas se opacan con el uso y el ambiente húmedo para recuperar el brillo usar pulimento para metales.
- No apoyarse en el equipo ya que tiene partes frágiles y puede ocasionar daños graves.
- No tocar los diferentes accesorios sin ser necesario, podría alterar los resultados u ocasionar daños al equipo.
- Encerar en flujometro y dinamómetro antes de encender el equipo.
- Girar manualmente el eje de la bomba cada semana para evitar que se pegué fuertemente el rotor, por seguridad desconectar el equipo.

### **Uso de equipo de protección personal**

Para que la seguridad del personal se mantenga, se controla de manera muy estricta el uso adecuado del Equipo de Seguridad Personal dentro de las zonas que así lo requieran. El equipo de protección personal (EPP) cumple con normas internacionales o con la normas INEN equivalentes a esas. Es obligatorio que el

personal use durante la realización de ensayos los implementos de protección personal. ANEXO HT 3

### DIAGRAMA DE PROCESOS DEL BANCO DE PRUEBAS DE LA TURBINA PELTON



**Figura6.2.** Diagrama de procesos de la turbina Pelton

## 6.2 Turbina Francis

Las turbinas Francis, son de tipo radial, admisión centrípeta y tubo de aspiración siempre se construyen en condiciones de rendimiento máximo, dando lugar a tres tipos fundamentales, lentas, normales y rápidas, diferenciándose unas de otras en la forma del rodete.

Se clasifican, en función de la velocidad específica del rotor y de las características del salto:

- Turbina Francis lenta.- para saltos de gran altura, alrededor de 200 m o más
- Turbina Francis normal.- indicada en saltos de altura media, entre 200 y 20m

- Turbinas Francis rápidas y extra rápidas.- apropiadas para saltos de pequeña altura, inferiores a 20 m

### 6.2.1 Banco de pruebas de la turbina Francis

#### Datos técnicos

##### Turbina

- |                                    |                         |
|------------------------------------|-------------------------|
| • Tipo de turbina                  | Carcasa espiral(voluta) |
| • Tamaño nominal del rodete        | 6”(152.5 mm)            |
| • Numero de alabes directrices     | 8                       |
| • Velocidad especifica             | 36 rpm                  |
| • Cabeza neta de diseño            | 6 m                     |
| • Rendimiento máximo del eje       | 2.9 Hp                  |
| • Caudal                           | 2700 lt/min             |
| • Velocidad optima del eje         | 1000 rpm                |
| • Velocidad de embalamiento        | 1800 rpm                |
| • Diámetro de entrada a la turbina | 6”(152.5 mm)            |

##### Motobomba

- |                 |            |
|-----------------|------------|
| • Tipo de bomba | Centrifuga |
| • Tipo de motor | Trifásico  |
| • Potencia      | 7.5 Kw     |
| • Velocidad     | 1570 rpm   |

### 6.2.2 Principio de funcionamiento de la turbina Francis

La turbina Francis es de voluta de eje horizontal en un extremo del eje esta acoplado un dinamómetro de freno de disco para medir el torque de salida de la turbina.

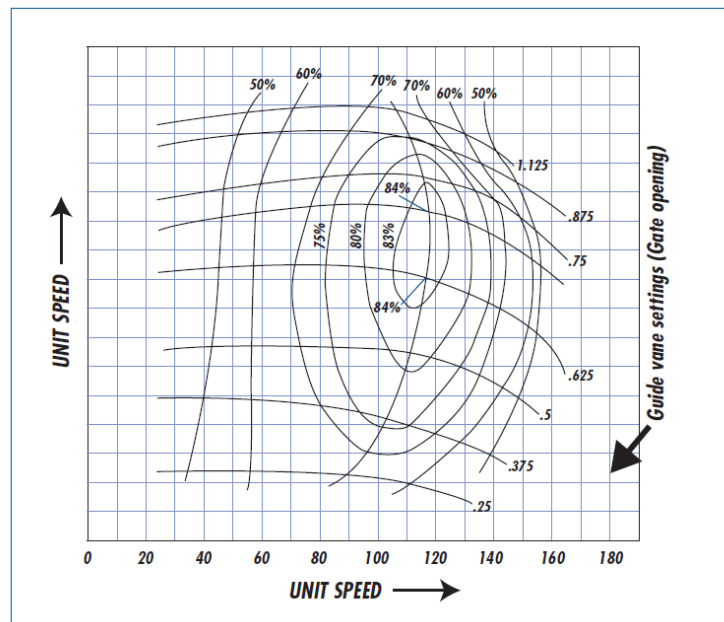
La potencia de salida de la turbina y el flujo a través de la maquina es controlada por el numero de alabes directrices móviles estos alabes son conectados mediante horquillas a un anillo de operación el cual gira por la acción de una simple palanca manual. Un par de alabes indicadores son montados para indicar directamente la posición de apertura de los alabes directrices.

El rodete de la turbina está montado en el otro extremo del eje principal, el cual es asegurado por un casquete roscado el agua es descargada de la turbina

a través de un tubo difusor el cual tiene una curvatura de  $90^\circ$ . La velocidad del eje de la turbina es indicada directamente en un tacómetro que funciona con una banda conectada al eje principal la turbina es montada en una bancada construida en acero dulce, esta bancada es montada sobre el tanque reservorio.

El eje de la turbina es guiado sobre dos rodamientos uno de bolas y el otro de rodillos.

### 6.2.3 Curvas características de la Turbina Francis



**Figura6.3:** Curvas características de la turbina Francis [4] anexo 27

### 6.2.4 Plan de Mantenimiento

#### Objetivo

El objetivo del plan de mantenimiento es reducir en lo posible el costo final de operación del laboratorio, conservando en condiciones de funcionamiento seguro y eficiente todos los equipos que se operan.

#### Planificación y programación del mantenimiento preventivo

El equipo requiere un pequeño mantenimiento regular aparte de los chequeos por fugas y limpieza de rutina.

En el ANEXO HT 22 se indica las diferentes tareas de mantenimiento que se debe realizar al equipo y con qué frecuencia se sugiere hacerlo.

### 6.2.5 Plan de seguridad

#### Precaución

- Antes de conectar el equipo al suministro eléctrico, verificar que sea el voltaje correspondiente.
- Desconectar el equipo antes de los trabajos de mantenimiento
- Los estudiantes deben manejar el equipo en presencia del ayudante o jefe de laboratorio.
- No dejar caer líquidos al interior de partes eléctricas.
- En partes pintadas, de acrílico o PVC no usar solventes fuertes.
- Engrasar los rodamientos para evitar sobrecalentamientos.
- Chequear que la correa de seguridad del transmisor de caudal este bien apretada.
- Tener mucho cuidado con las partes en movimiento para evitar accidentes.

#### Cuidados

- Luego de la limpieza del equipo secar bien todas sus partes para que no se manche la pintura.
- Para reducir la corrosión del interior de la bomba se puede añadir al agua aditivos anticorrosivos.
- Para que las mediciones sean más exactas purgar completamente el aire del manómetro.
- Antes de encender la bomba revisar que el nivel del agua del tanque reservorio este por encima del tubo de succión como hasta la mitad del tubo difusor.
- Las partes de bronce y aluminio pulidas se opacan con el uso y el ambiente húmedo para recuperar el brillo usar pulimento para metales.
- No apoyarse en el equipo ya que tiene partes frágiles y puede ocasionar daños graves.
- No tocar los diferentes accesorios sin ser necesario, podría alterar los resultados u ocasionar daños al equipo.
- Encerar en flujometro y dinamómetro antes de encender el equipo.

- Girar manualmente el eje de la bomba cada semana para evitar que se pegue fuertemente el rotor, por seguridad desconectar el equipo.

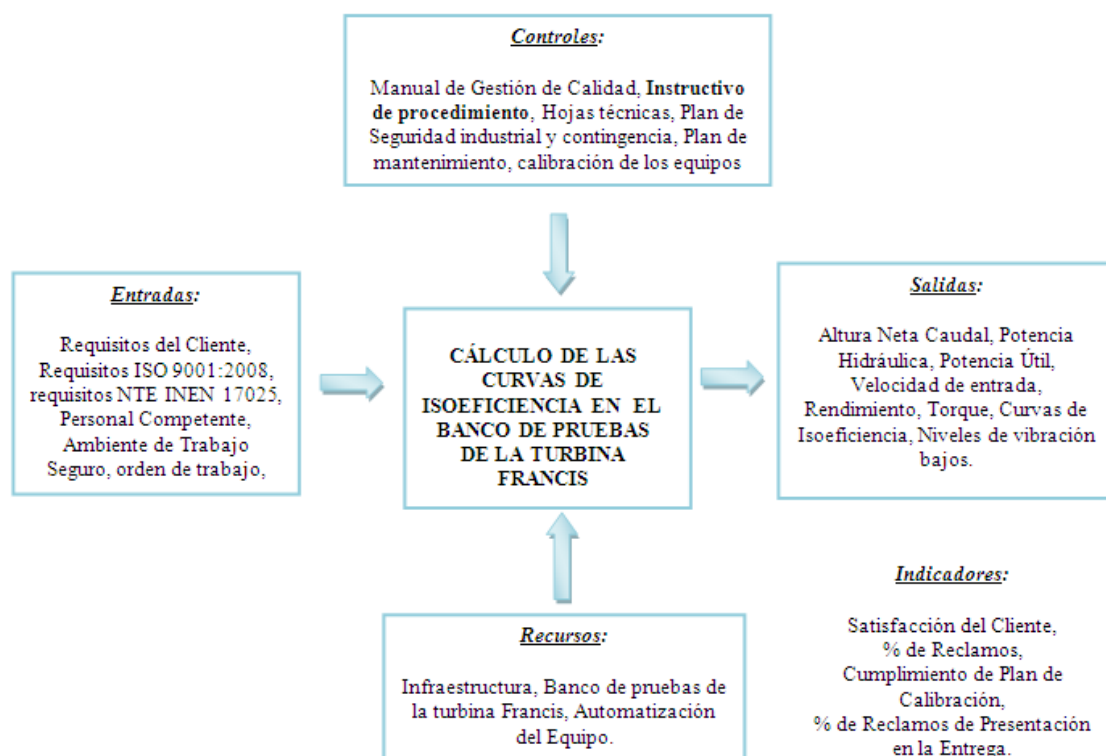
### Uso de equipo de protección personal

Para que la seguridad del personal se mantenga, se controla de manera muy estricta el uso adecuado del Equipo de Seguridad Personal dentro de las zonas que así lo requieran.

El equipo de protección personal (EPP) cumple con normas internacionales o con la normas INEN equivalentes a esas. Es obligatorio que el personal use durante la realización de ensayos los implementos de protección personal.

ANEXO HT 3

### DIAGRAMA PROCESOS DEL BANCO DE PRUEBAS DE LA TURBINA FRANCIS



**Figura6.4:** Diagrama de procesos de la turbina Francis

### 6.3 Turbina Kaplan

Las turbinas Kaplan son turbinas de agua de reacción de flujo axial, con un rodete que funciona de manera semejante a la hélice de un barco, y deben su

nombre a su inventor, el austriaco Viktor Kaplan. Se emplean en saltos de pequeña altura. Las amplias palas o álabes de la turbina son impulsadas por agua a alta presión liberada por una compuerta.

Sus características principales son:

- Dimensiones reducidas.
- Velocidades relativamente altas.
- Rendimiento elevado con carga variable.
- Notable capacidad para sobrecargas.

Debido a su diseño, permiten desarrollar elevadas velocidades específicas, obteniéndose buenos rendimientos, incluso dentro de extensos límites de variación de caudal.

### 6.3.1 Banco de pruebas de la turbina Kaplan

#### Datos técnicos

##### Turbina

- |                                    |                         |
|------------------------------------|-------------------------|
| • Tipo de turbina                  | Carcasa espiral(voluta) |
| • Tamaño nominal del rodete        | 8”(203.2 mm)            |
| • Numero de aspas del rotor        | 4                       |
| • Velocidad específica             | 135 rpm                 |
| • Cabeza neta de diseño            | 1.5 ft                  |
| • Diámetro de entrada a la turbina | 13.5”(344 mm)           |
| • Diámetro de salida de la turbina | 10 2/3” (271 mm)        |

##### Bomba

- |                 |       |
|-----------------|-------|
| • Tipo de bomba | Axial |
|-----------------|-------|

##### Motor

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| • Tipo de motor | Trifásico       |
| • Potencia      | 22/15 Kw        |
| • Velocidad     | 1740 a 1145 rpm |



### 6.3.2 Principio de funcionamiento de la turbina Kaplan

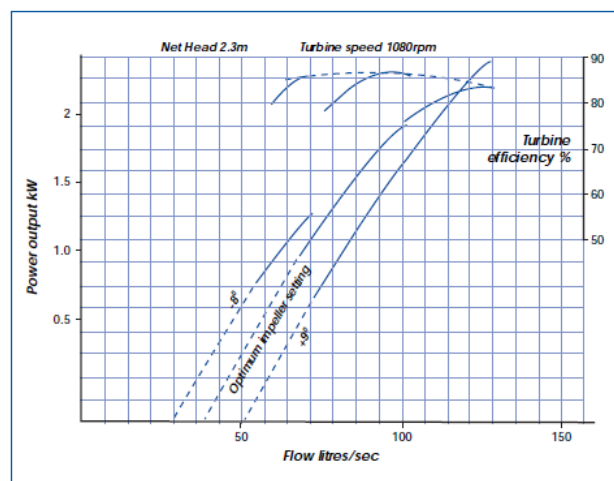
La turbina Kaplan es de eje vertical, su rodete de hélice es de 4 aspas, el fluido recorre la voluta y entra al rodete a través de los alabes de cierre y apertura regulables, como no se pueden ver los alabes directrices en el interior de la voluta, hay dos alabes indicadores montados exteriormente en los alabes del eje extendido que nos muestra la posición real.

El fluido es impulsado mediante una bomba axial que recibe el agua que se descarga de la turbina, de esta manera se forma un circuito cerrado de funcionamiento. La bomba axial del equipo forma parte de otra práctica, que en conjunto con la turbina Kaplan se pueden hacer muchas combinaciones para analizar sus diferentes comportamientos.

El conducto del rodete es de acrílico transparente para apreciar las distintas reacciones del fluido con el cambio de los ángulos de las aspas se puede observar en determinadas posiciones la formación de cavitación y turbulencia el torque de salida de la turbina se mide por medio de un dinamómetro de tambor con banda de fricción se mide el caudal mediante el método de placa orificio instalado en la tubería antes del ingreso en la turbina. La presión de entrada y salida se toman directamente en manómetros instalados.

Para medir la velocidad del eje principal tiene instalado un tacómetro por medio de una banda entre la polea del tacómetro y el eje la turbina es montada sobre tres columnas de concreto armado el eje de la turbina es guiado so re dos rodamientos de bolas.

### 6.3.3 Curvas características de la turbina Kaplan



**Figura 6.5:** Curva característica de la turbina Kaplan [5]

### **6.3.4 Plan de mantenimiento**

#### **Objetivo**

El objetivo del plan de mantenimiento es reducir en lo posible el costo final de operación del laboratorio, conservando en condiciones de funcionamiento seguro y eficiente todos los equipos que se operan.

#### **Planificación y programación del mantenimiento preventivo**

El equipo requiere un pequeño mantenimiento regular aparte de los chequeos por fugas y limpieza de rutina.

En el ANEXO HT 23 se indica las diferentes tareas de mantenimiento que se debe realizar al equipo y con qué frecuencia se sugiere hacerlo.

### **6.3.5 Plan de seguridad**

#### **Precaución**

- Antes de conectar el equipo al suministro eléctrico, verificar que sea el voltaje correspondiente.
- Desconectar el equipo antes de los trabajos de mantenimiento
- Los estudiantes deben manejar el equipo en presencia del ayudante o jefe de laboratorio.
- No dejar caer líquidos al interior de partes eléctricas.
- En partes pintadas, de acrílico o PVC no usar solventes fuertes.
- Engrasar los rodamientos para evitar sobrecalentamientos.
- Antes de encender el equipo tener la precaución de sujetar el porta pesas debido a que salta en el arranque.
- Tener mucho cuidado con las partes en movimiento para evitar accidentes.
- Por seguridad el equipo requiere en el momento del arranque por lo menos un estudiante en el tablero de encendido otro para sujetar el porta pesas.

### **Cuidados**

- Luego de la limpieza del equipo secar bien todas sus partes para que no se manche la pintura.
- Para reducir la corrosión del interior de la bomba se puede añadir al agua aditivos anticorrosivos.
- Para que las mediciones sean más exactas purgar completamente el aire del manómetro.
- Antes de encender la bomba revisar que el indicador de nivel del agua del tanque de balance este por encima del tubo superior de entrada a la turbina.
- Tener cuidado de no golpear accidentalmente los tubos visores de acrílico, son frágiles.
- Después de cada práctica abrir la válvula del codo de desfogue para drenar el agua y evitar que oxide.
- Después de cada utilización vaciar completamente el tambor del freno y secar bien para evitar que se manche y se oxide.
- No tocar los diferentes accesorios sin ser necesario, podría alterar los resultados u ocasionar daños al equipo.
- Encerar en flujometro y dinamómetro antes de encender el equipo.
- Apagado el equipo girar cada semana la regulación de las aletas del rotor y mover la palanca de operación de los alabes directrices, para evitar que se peguen por causa de la corrosión.

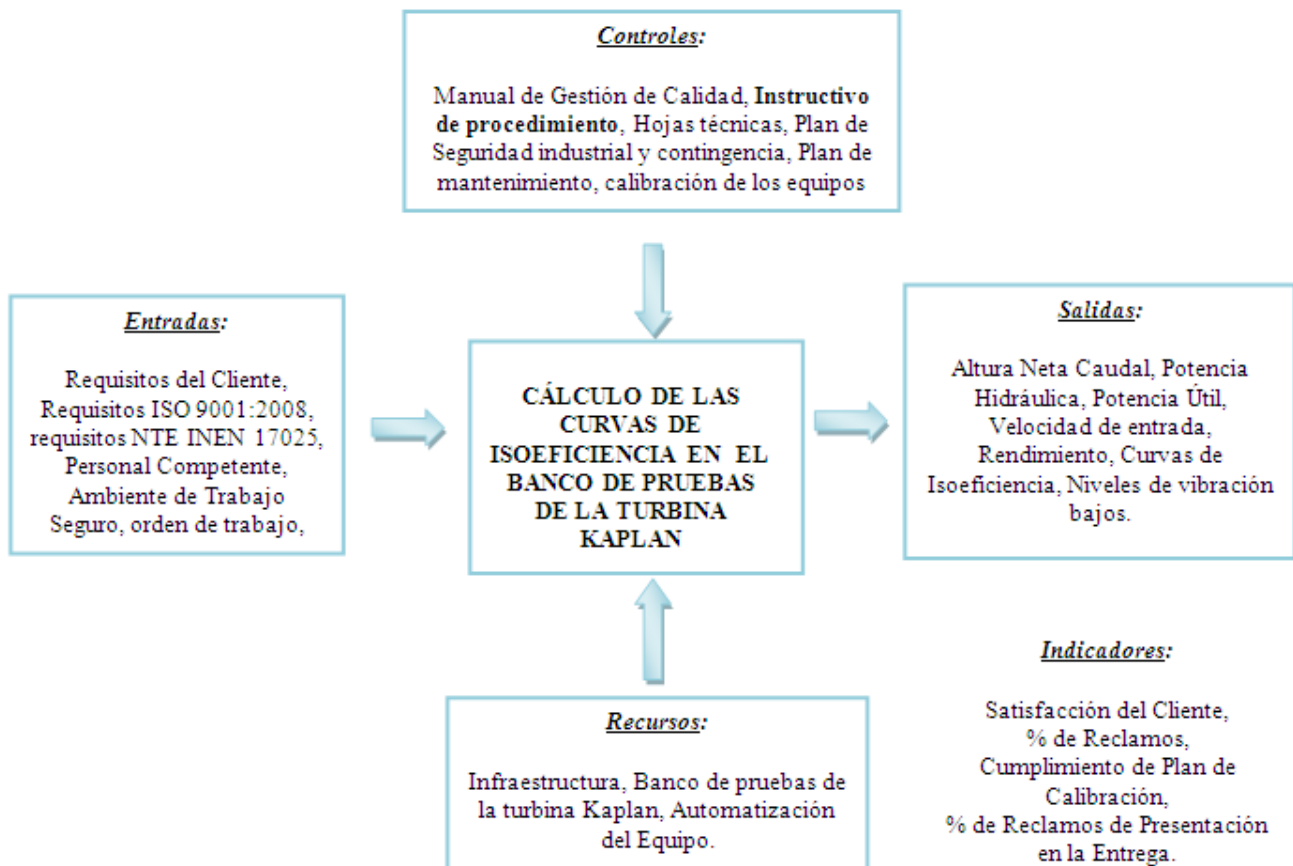
### **Uso de equipo de protección personal**

Para que la seguridad del personal se mantenga, se controla de manera muy estricta el uso adecuado del Equipo de Seguridad Personal dentro de las zonas que así lo requieran.

El equipo de protección personal (EPP) cumple con normas internacionales o con la normas INEN equivalentes a esas. Es obligatorio que el personal use durante la realización de ensayos los implementos de protección personal.

ANEXO HT 3

## DIAGRAMA PROCESOS DEL BANCO DE PRUEBAS DE LA TURBINA KAPLAN



**Figura 6.6:** Diagrama de procesos de la Turbina Kaplan

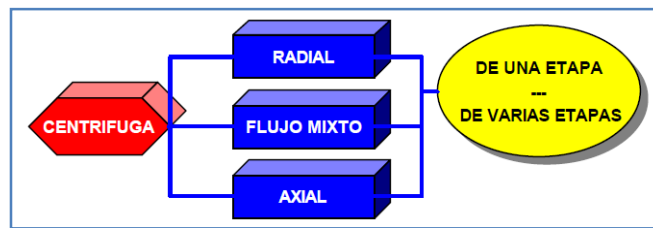
### 6.4 Bomba Centrífuga

Una bomba centrífuga es un dispositivo constituido por un conjunto de paletas rotatorias perfectamente encajadas dentro de una cubierta metálica, de manera que son capaces de impulsar al líquido que esté contenido dentro de la cubierta, gracias a la fuerza centrífuga que se genera cuando giran las paletas.

Los elementos principales de toda bomba centrífuga son:

- 1) Un elemento estático conformado por chumaceras, estopero y cubierta.
- 2) Un elemento dinámico-giratorio conformado por un impulsor y una flecha.

## Tipos de Bombas Centrífugas



**Figura 6.7:** Clasificación de las Bombas Centrífugas

### 6.4.1 Banco de pruebas de la Bomba Centrífuga

#### Datos técnicos

##### Bomba

- Tipo de bomba Impulsor centrífugo abierto
- Diámetro exterior del impulsor 127 mm estándar
- Numero de alabes 6
- Tipo de alabes Curvados hacia atrás
- Capacidad del tanque sumidero 420 lt
- Capacidad tanque volumétrico 140 lt

##### Motor

- Tipo de motor Shunt
- Potencia 21 Hp
- Amperaje 9.3 A
- Corriente Directa
- Velocidad del eje Variable de 0 a 3000 rpm
- Capacidad 1.6 Kw a 2900 rpm
- Fuente eléctrica 220 Volt/ Monofásico/ 5060Hz
- Radio del brazo de torque 204 mm

### 6.4.2 Principio de funcionamiento de la Bomba Centrífuga

La bomba es impulsada por medio de un motor de Corriente Directa con capacidad de velocidad variable, logrado por una regulación de campo Shunt.

El motor, conjuntamente con su controlador permite que la velocidad de la bomba sea variada gradualmente entre 0 y 3000 rpm.

La incorporación de impulsor abierto y un plato visor de acrílico transparente permite al estudiante examinar las aletas del impulsor sin recurrir al desmontaje de la bomba.

Cuatro tomas de presión están conectados a diferentes radios en el plato visor del impulsor de modo que podemos determinar el incremento de presión a lo largo del perfil del alabe.

Se pueden reemplazar con impulsores alternativos de diámetro y geometría de los perfiles variable es para usar en estudios comparativos más avanzados.

Los tanques de agua son contruidos de fibra de vidrio con plástico reforzado y por lo tanto resistentes a la corrosión sin embargo el cuerpo de la bomba y el impulsor son de hierro fundido, por eso es recomendado usar un anticorrosivo (por ejemplo FERNOX D-23) en el agua cuando el equipo es llenado.

El tanque sumidero está provisto de una llave de drenaje y sobre este está montado el tanque volumétrico el cual tiene un indicador de nivel y una escala. Una válvula de compuerta sirve de drenaje de emergencia ante un sobre flujo también se incluye un divisor que es operado manualmente de modo que el agua descargada por la bomba puede volver directamente al sumidero o al tanque de medición si se requiere.

Para tomar medidas de flujo es necesario usar un cronometro, en este sistema se debe tomar medidas de nivel con el agua quieta para aumentar la exactitud de las mismas.

La tubería de succión de la bomba está fabricada de PVC reforzado que incluye tomas de presión. En la tubería de descarga tenemos una válvula tipo compuerta, medidores de presión y sus respectivas válvulas que permiten tomar lecturas de presión.

También consta de un manómetro diferencial y un venturi de perspex, este ha sido diseñado para que se instale en la tubería de descarga de la bomba el cual tiene un diámetro nominal de  $1\frac{1}{2}$ " y un diámetro de garganta de 1.28", este opera conjuntamente con un manómetro diferencial de mercurio el cual

se conecta por medio de mangueras. El venturi permite medir caudales sobre los 60 glp/min (5 lt/s), después que se ha calibrado el instrumento.

El equipo dispone de un instrumento diferencial de mercurio de 1m, el cual permite que se determine las cabezas desarrolladas por la bomba sobre los 30 ft.

Antes de conectar el suministro eléctrico, asegúrese de que el motor y que el regulador del motor sean compatible con el suministro disponible.

La bomba es cebada por medio de un bulbo succionador de caucho manual conectado a una válvula de cierre rápido situado sobre la carcasa de la voluta.

### 6.4.3 Curvas características de la Bomba Centrífuga

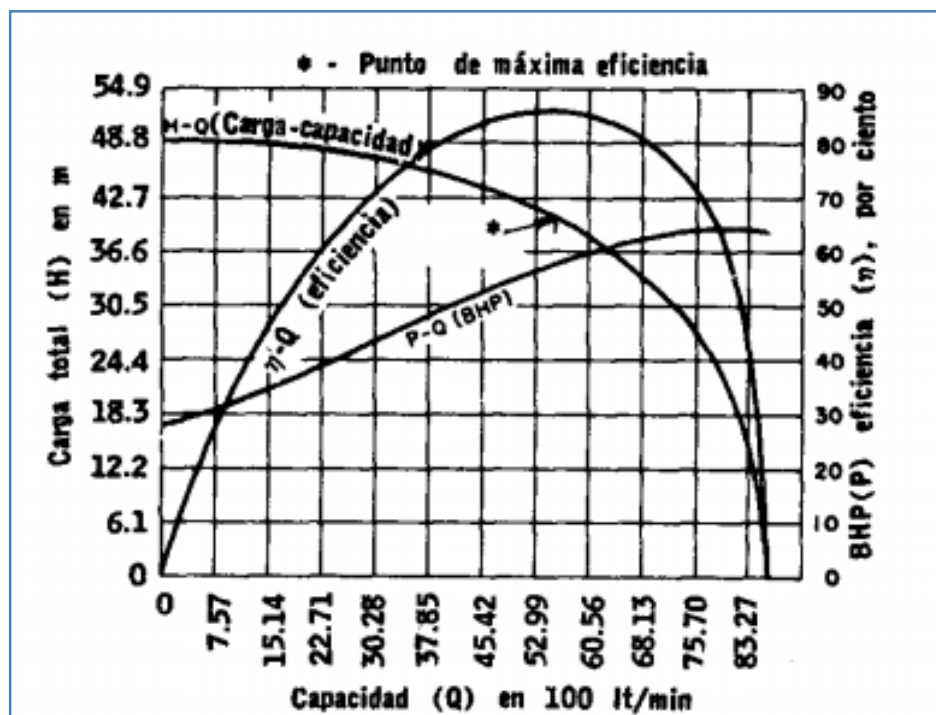


Figura 6.8: Curva característica de la Bomba Centrífuga [6]

### 6.4.4 Plan de mantenimiento

#### Objetivo

El objetivo del plan de mantenimiento es reducir en lo posible el costo final de operación del laboratorio, conservando en condiciones de funcionamiento seguro y eficiente todos los equipos que se operan.

## **Planificación y programación del mantenimiento preventivo**

El equipo requiere un pequeño mantenimiento regular aparte de los chequeos por fugas y limpieza de rutina.

En el ANEXO HT 24 se indica las diferentes tareas de mantenimiento que se debe realizar al equipo y con qué frecuencia se sugiere hacerlo.

### **6.4.5 Plan de seguridad**

#### **Precaución**

- Antes de conectar el equipo al suministro eléctrico, verificar que sea el voltaje correspondiente.
- Desconectar el equipo antes de los trabajos de mantenimiento
- Los estudiantes deben manejar el equipo en presencia del ayudante o jefe de laboratorio.
- No dejar caer líquidos al interior de partes eléctricas.
- En partes pintadas, de acrílico o PVC no usar solventes fuertes.
- Evite que la cantidad de grasa se pase de los límites, el exceso produce sobrecalentamiento y pueden dañar los rodamientos.

#### **Cuidados**

- Luego de la limpieza del equipo secar bien todas sus partes para que no se manche la pintura.
- Para evitar la corrosión del impulsor y el interior de la voluta quitar el tapón inferior para vaciar toda el agua.
- Para que las mediciones sean más exactas purgar completamente el aire del manómetro.
- Para proteger al impulsor evitar que se produzca cavitación.
- Las partes de acrílico se opacan con el uso, se debe recuperar la claridad visual.
- Para reducir la corrosión del impulsor y la voluta se puede añadir al agua aditivos anticorrosivos.



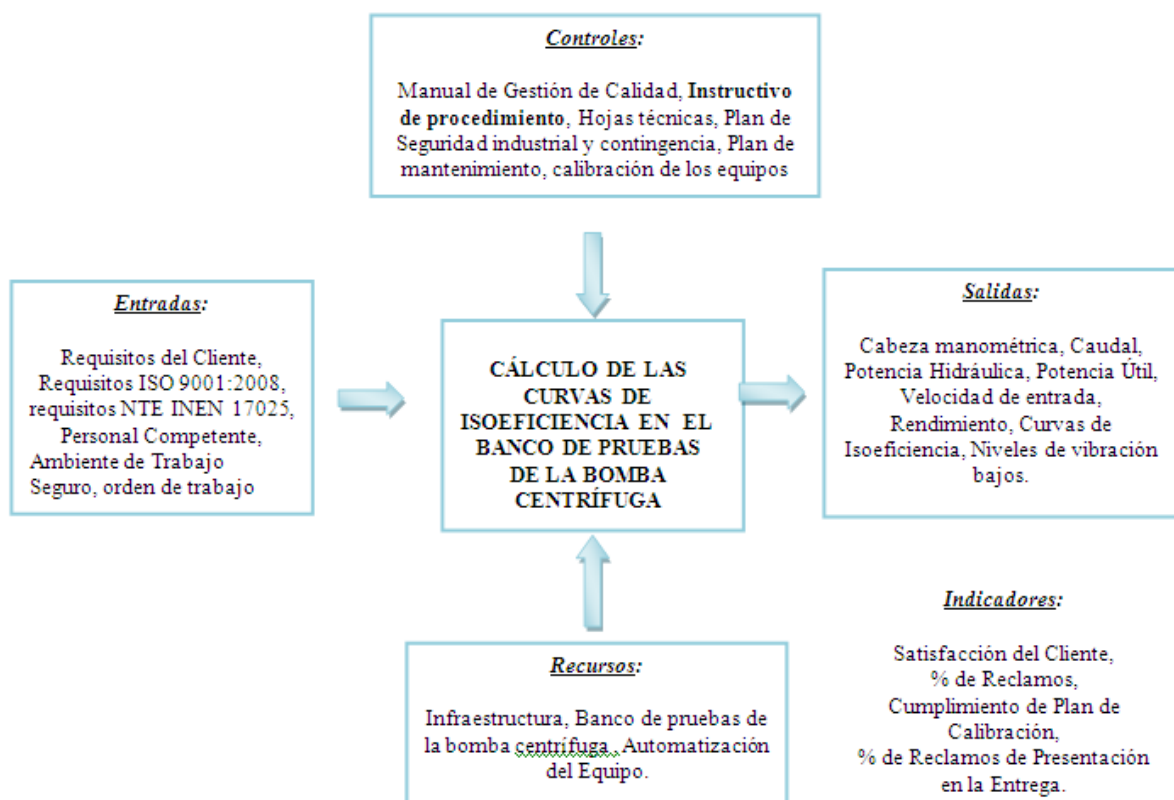
## Uso de equipo de protección personal

Para que la seguridad del personal se mantenga, se controla de manera muy estricta el uso adecuado del Equipo de Seguridad Personal dentro de las zonas que así lo requieran.

El equipo de protección personal (EPP) cumple con normas internacionales o con la normas INEN equivalentes a esas. Es obligatorio que el personal use durante la realización de ensayos los implementos de protección personal.

ANEXO HT 3

## DIAGRAMA DE PROCESOS DEL BANCO DE PRUEBAS DE LA BOMBA CENTRÍFUGA



**Figura 6.9:** Diagrama de procesos de la Bomba Centrífuga

## 6.5 Bomba Reciprocante

Las bombas reciprocantes son unidades de desplazamiento positivo descargan una cantidad definida de liquido durante el movimiento del pistón o émbolo a través de la distancia de carrera.

Ventajas y desventajas de las bombas reciprocantes:

### **Ventajas**

- Alta presión disponible
- Autocebantes (dentro de ciertos límites)
- Flujo constante para cargas a presión variable
- Adaptabilidad a ser movidas manualmente o por motor

### **Desventajas**

- Baja descarga
- Baja eficiencia comparada con las bombas centrifugas
- Muchas partes móviles
- Requieren mantenimiento a intervalos frecuentes
- Succión limitada

### 6.5.1 Banco de pruebas de la Bomba Reciprocante

#### **Datos técnicos**

#### **Bomba**

- |                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| • Tipo de bomba               | Doble Acción     |
| • Carrera (S)                 | 1.625" (41.3 mm) |
| • Diámetro del cilindro(DP)   | 1.75" (44.5 mm)  |
| • Diámetro del eje del pistón | 11.1 mm          |
| • Velocidad máxima            | 240 rpm          |
| • Cabeza máxima               | 53.4 m           |

- Caudal máximo 22.8 lt/s
- Diámetro de succión y descarga 1”(25.4 mm)

### Motor

- Tipo de motor Velocidad variable Shunt
- Rango de velocidad 0 – 1400 rpm
- Potencia 0.75 Hp
- Longitud del brazo porta pesas 0.20 m
- Relación de transmisión 5.14

### 6.5.2 Principio de funcionamiento de la Bomba Reciprocante

El equipo está construido de acero forjado montado en un banco y compuesto de las siguientes partes:

- Consta de una bomba reciprocante completa de doble acción horizontal, con banco de montaje, mecanismo de biela manivela, válvulas, cámara de aire y visor.
- Un motor de velocidad variable con brazo para medir el torque.
- Panel de control del motor con un rectificador transformador incorporado, provisto de una regulación uniforme de la velocidad.
- Una banda dentada de alta eficiencia entre el motor y la bomba, cubierta con una fuerte protección de Acero.
- Una válvula de compuerta de presión situada en la descarga de la bomba con un indicador visible de flujo.
- Un conjunto de tubos para la succión y descarga in incluyendo las válvulas de control, empaques acoples, etc.
- Dos manómetros de presión tipo Bourdon para medir las presiones de succión y descarga de la bomba.
- Un tanque volumétrico para medir el flujo, además con desviador de flujo, rebosadero de emergencia y medidor de nivel.
- Un tanque reservorio de PVC

### 6.5.3 Curvas características de la Bomba Reciprocante



**Figura 6.10:** Curva característica de la Bomba Reciprocante [7]

### 6.5.4 Plan de mantenimiento

#### Objetivo

El objetivo del plan de mantenimiento es reducir en lo posible el costo final de operación del laboratorio, conservando en condiciones de funcionamiento seguro y eficiente todos los equipos que se operan.

#### Planificación y programación del mantenimiento preventivo

El equipo requiere un pequeño mantenimiento regular aparte de los chequeos por fugas y limpieza de rutina.

En el ANEXO HT 25 se indica las diferentes tareas de mantenimiento que se debe realizar al equipo y con qué frecuencia se sugiere hacerlo.

### 6.5.5 Plan de seguridad

#### Precaución

- Antes de conectar el equipo al suministro eléctrico, verificar que sea el voltaje correspondiente.
- Desconectar el equipo antes de los trabajos de mantenimiento

- Los estudiantes deben manejar el equipo en presencia del ayudante o jefe de laboratorio.
- No dejar caer líquidos al interior de partes eléctricas.
- En partes pintadas, de acrílico o PVC no usar solventes fuertes.
- Engrasar los rodamientos con la cantidad correcta, para evitar sobrecalentamiento o daños de los mismos.
- Tener cuidado de no sobrepasar el límite de revoluciones de la bomba.
- Mantener el nivel de aceite en el indicado.
- Tener mucha precaución con las partes en movimiento para evitar accidentes.

### **Cuidados**

- Luego de la limpieza del equipo secar bien todas sus partes para que no se manche la pintura.
- Para reducir la corrosión del interior de la bomba se puede añadir al agua aditivos anticorrosivos.
- Para que las mediciones sean más exactas purgar completamente el aire del manómetro.
- Antes de encender la bomba recuerde abrir las válvulas de succión, descarga y purga.
- Las partes de bronce y de aluminio pulidas se opacan con el uso y el ambiente húmedo para recuperar el brillo utilizar pulimento para metales.
- Antes de guardar el graficador se debe secar minuciosamente, principalmente el pistón y el cilindro. Si no se va utilizar por un largo periodo de tiempo se recomienda aplicar una pequeña película de grasa anticorrosiva al pistón y al cilindro.
- Después de cada utilización vaciar completamente los tanques y secar bien para evitar que se manchen.
- No apoyarse en el equipo ya que tiene partes frágiles y puede ocasionar serios daños.
- No tocar los diferentes accesorios sin ser necesario podría alterar los resultados.

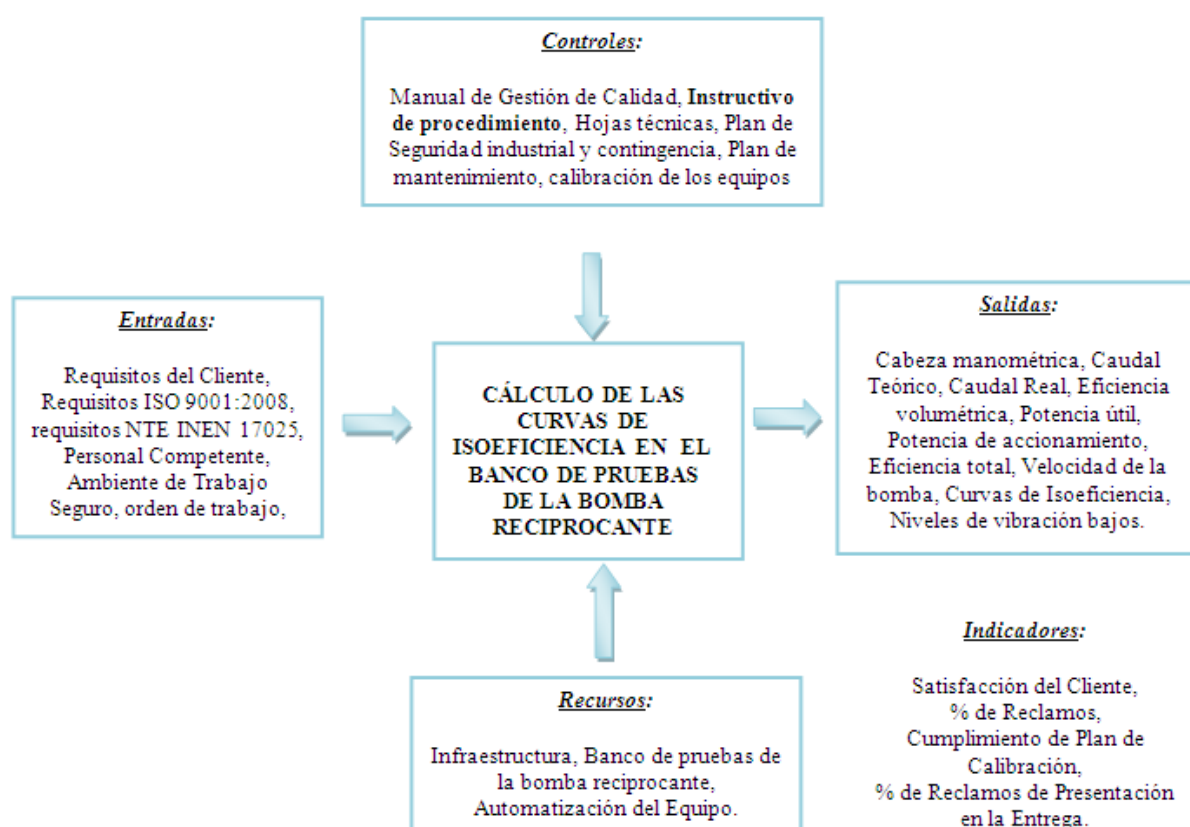
## Uso de equipo de protección personal

Para que la seguridad del personal se mantenga, se controla de manera muy estricta el uso adecuado del Equipo de Seguridad Personal dentro de las zonas que así lo requieran.

El equipo de protección personal (EPP) cumple con normas internacionales o con la normas INEN equivalentes a esas. Es obligatorio que el personal use durante la realización de ensayos los implementos de protección personal.

ANEXO HT 3

## DIAGRAMA DE PROCESOS DEL BANCO DE PRUEBAS DE LA BOMBA RECIPROCANTE



**Figura 6.11:** Diagrama de procesos de la Bomba Reciprocante

## 6.6 Chimenea de Equilibrio

La chimenea de equilibrio consta de una tubería de sección mucho mayor que la tubería del sistema que se conecta a un tubo vertical piezométrico cuya altura sobrepasa la línea de carga. Cuando se produce sobre presión el agua sale por la chimenea, cuando hay depresión el agua de la chimenea entra en la conducción, disminuyendo en ambos casos la energía del golpe. Tiene como limitación el tamaño de la chimenea que tiende a ser muy grande.

Las chimeneas suelen ser muy sencillas cuya misión es aportar o acumular agua durante el transitorio o lo que es lo mismo actúa aumentando la inercia.

Ventajas de la chimenea de equilibrio:

- Simplicidad y nulo mantenimiento
- No necesita ningún dispositivo adicional
- El transitorio no se transmite aguas abajo

Desventajas:

- Restricciones en la situación de la chimenea, la altura de la misma ha de ser superior a la altura piezométrica para el caudal máximo, y la cota inferior menor que la altura piezométrica en ese punto para el caso de caudal nulo.
- Aparición de fuertes inversiones del flujo aguas arriba de la chimenea, incluso superiores a las que aparecerían si no hubiese chimenea.

### 6.6.1 Banco de pruebas de la Chimenea de Equilibrio

**Datos técnicos**

#### **MOTOR**

- Serie                      1667
- Type:                    PV52
- Voltaje:                230/250
- Amperaje :            2.2
- RPM:                    5000

## BOMBA

- Tipo: centrífuga
- Caudal máximo 1,35 lt/s

### 6.6.2 Principio de funcionamiento de la Chimenea de Equilibrio

El equipo se compone de dos tuberías de acero inoxidable conectadas a un tanque de carga constante. Un módulo de servicio consta de un suministro de agua por medio del tanque de carga, tiene incorporada un depósito para la medición de caudal, una bomba de circulación y la válvula de control de flujo.

El agua entra en los dos tubos de ensayo a través de la cabeza constante del tanque y las descargas en el tanque aforado. Una válvula de descarga en el tanque volumétrico devuelve el agua al depósito.

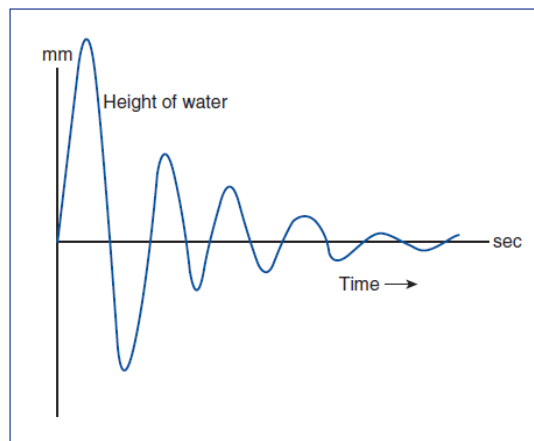
La oscilación de presión se puede observar en un tubo de acrílico incorporado a la chimenea de equilibrio para permitir la visualización de sus características oscilatorias a demostrar. Una escala métrica en el eje permite medir la altura de las oscilaciones. El tubo de ensayo termina con una válvula de compuerta operada por palanca y separada del flujo de la válvula de control.

El golpe de ariete de la sección de prueba utiliza una única válvula de acción rápida diseñada específicamente por Armfield. Un servicio de transporte que se desplazan dentro de la válvula viaja con el flujo de agua, lo que permite un cierre muy alto. La válvula puede ser fácilmente operada con sólo presionar el botón, la liberación de la válvula, y un resorte cargado de nuevo el émbolo-que establece para su uso posterior.

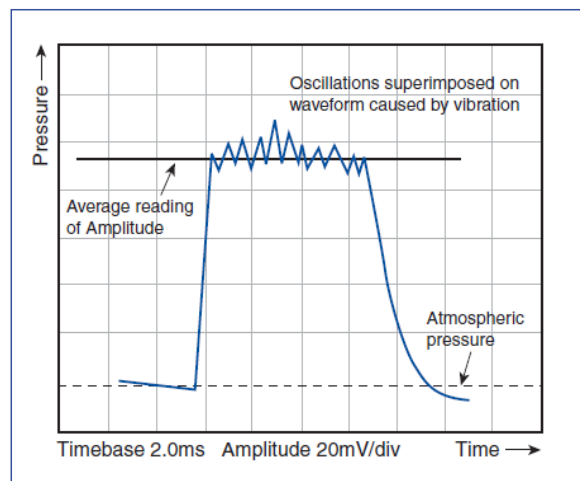
Se utilizan tubos rectos, en lugar de una disposición en espiral, para reducir la distorsión de la onda de presión. Transductores de presión montados en la válvula de acción rápida y en un punto a lo largo del tubo de prueba proporcionan salidas analógicas que se alimentan en un módulo de acondicionamiento de señal. La correspondiente señal de salida de tensión se lo hace por medio de un módulo u osciloscopio



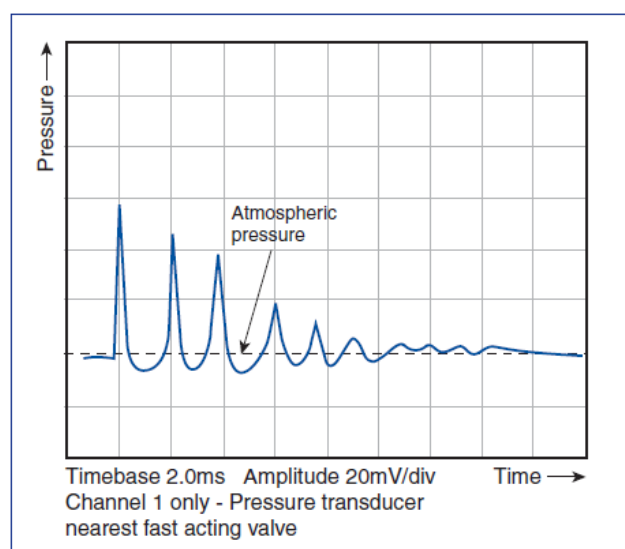
### 6.6.3 Curvas características de la Chimenea de Equilibrio



**Figura 6.12:** Gráfica de las oscilaciones del nivel de la Chimenea [8]



**Figura 6.13:** Gráfico de carga de presión contra el tiempo tras el cierre repentino de la válvula [8]



**Figura 6.14:** Gráfica Presión-tiempo diagrama que muestra la naturaleza cíclica de los pulsos de presión con deterioro debido a la fricción [8]

#### **6.6.4 Plan de mantenimiento**

##### **Objetivo**

El objetivo del plan de mantenimiento es reducir en lo posible el costo final de operación del laboratorio, conservando en condiciones de funcionamiento seguro y eficiente todos los equipos que se operan.

##### **Planificación y programación del mantenimiento preventivo**

El equipo requiere un pequeño mantenimiento regular aparte de los chequeos por fugas y limpieza de rutina.

En el ANEXO HT26 se indica las diferentes tareas de mantenimiento que se debe realizar al equipo y con qué frecuencia se sugiere hacerlo.

#### **6.6.5 Plan de seguridad**

##### **Precaución**

- Antes de conectar el equipo al suministro eléctrico, verificar que sea el voltaje correspondiente.
- Desconectar el equipo antes de los trabajos de mantenimiento
- Los estudiantes deben manejar el equipo en presencia del ayudante o jefe de laboratorio.
- No dejar caer líquidos al interior de partes eléctricas.
- En partes pintadas, de acrílico o PVC no usar solventes fuertes.
- Engrasar los rodamientos para evitar sobrecalentamientos.
- Chequear que la correa de seguridad del transmisor de caudal este bien apretada.
- Después de cada práctica sacar el tapón del inyector para drenar el agua que queda en la tobera.
- Tener mucho cuidado con las partes en movimiento para evitar accidentes.

## **Cuidados**

- Luego de la limpieza del equipo secar bien todas sus partes para que no se manche la pintura.
- Para reducir la corrosión del interior de la bomba se puede añadir al agua aditivos anticorrosivos.
- Para que las mediciones sean más exactas purgar completamente el aire de la manguera y el manómetro.
- Antes de encender la bomba revisar que el nivel del agua del tanque reservorio este por encima del tubo de succión casi hasta el filo del vertedero.
- Las partes de bronce y aluminio pulidas se opacan con el uso y el ambiente húmedo para recuperar el brillo usar pulimento para metales.
- No apoyarse en el equipo ya que tiene partes frágiles y puede ocasionar daños graves.
- No tocar los diferentes accesorios sin ser necesario, podría alterar los resultados u ocasionar daños al equipo.
- Encerar en flujometro y dinamómetro antes de encender el equipo.
- Girar manualmente el eje de la bomba cada semana para evitar que se pegué fuertemente el rotor, por seguridad desconectar el equipo.

## **Uso de equipo de protección personal**

Para que la seguridad del personal se mantenga, se controla de manera muy estricta el uso adecuado del Equipo de Seguridad Personal dentro de las zonas que así lo requieran.

El equipo de protección personal (EPP) cumple con normas internacionales o con la normas INEN equivalentes a esas. Es obligatorio que el personal use durante la realización de ensayos los implementos de protección personal.

ANEXO HT 3

## DIAGRAMA DE PROCESOS DEL BANCO DE PRUEBAS DE LA CHIMENEA DE EQUILIBRIO

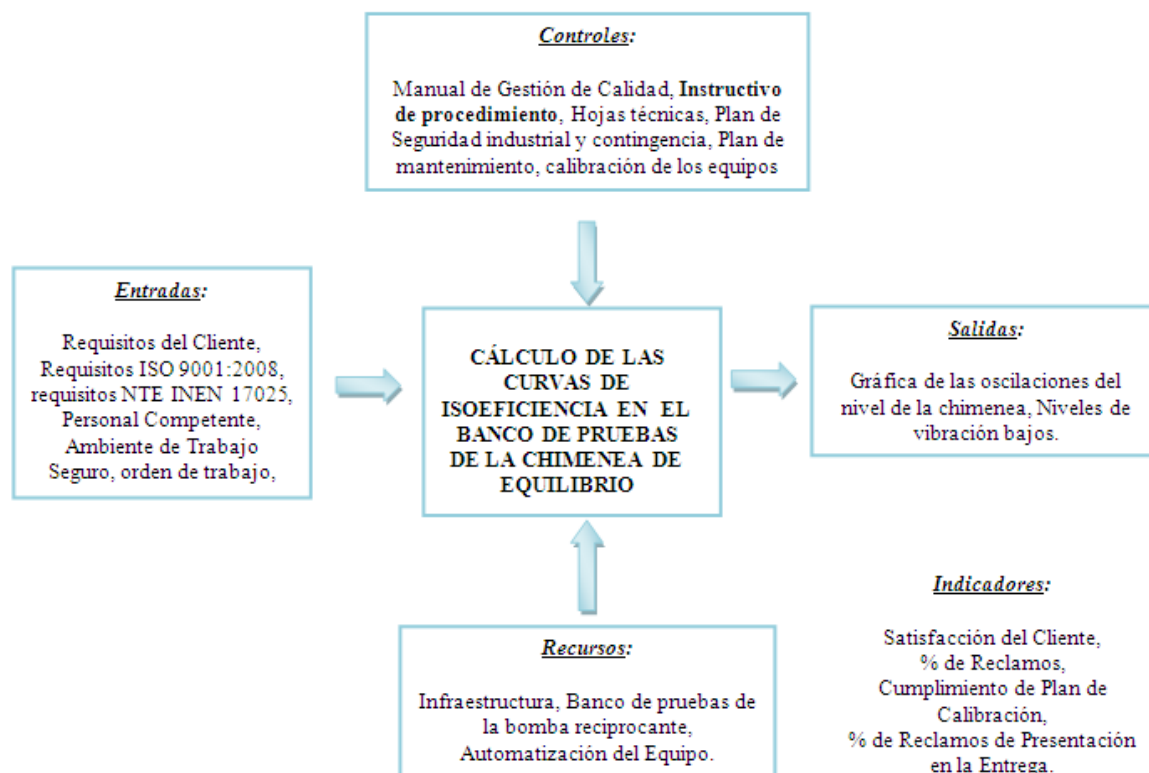


Figura 6.15: Diagrama de procesos de la Chimenea de Equilibrio

## 6.7 Salud ocupacional

### 6.7.1 Normas de referencia

Se tomaron como referencia las siguientes normas: NTC-OHSAS 18001 Sistema de Gestión en Seguridad y Salud Ocupacional.

### 6.7.2 Definiciones

**Accidente:** Evento no planificado, que resulta en muerte, enfermedad, lesión, daño u otra pérdida.

**Incidente:** Evento no planificado que tiene el potencial de llevar a un accidente.

**No conformidad:** Cualquier desviación o incumplimiento de los estándares de trabajo, prácticas, procedimientos, regulaciones, etc., que pueda directa o

indirectamente ocasionar, heridas o enfermedades, daños a la propiedad, al ambiente del trabajo, o combinación de éstos

Identificación de peligro: Un proceso de reconocer que un peligro existe y definir sus características.

**Riesgo:** Evaluación de un evento peligroso asociado con su probabilidad de ocurrencia y sus consecuencias.

**Seguridad:** Ausencia de riesgos inaceptables de daños.

### **6.7.3 Elementos del sistema de gestión de calidad**

#### **6.7.3.1 Requisitos generales**

El laboratorio de Turbomaquinaria implementara un sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional, el cual cumple con los requisitos exigidos por la norma NTC- OHSAS 18001, con el objetivo de minimizar los riesgos a los que los trabajadores y estudiantes se exponen día a día y la posibilidad de integrar otros sistemas de gestión.

#### **6.7.3.2 Política de seguridad y salud ocupacional**

##### **Política de salud ocupacional**

La política que se definió para el laboratorio de Turbomaquinaria, se compromete a administrar, prevenir y controlar los factores de riesgo y los aspectos ambientales relacionados con la realización de los ensayos, mediante la implementación de programas de seguridad y salud ocupacional comprometidos con el mejoramiento continuo de los procesos de la organización y buscando principalmente evitar y mitigar el impacto sobre las personas, propiedades y ambiente, igualmente cumpliendo con las normas legales y técnicas vigentes, y para ello destinara los recursos suficientes.

##### **Organización de la salud ocupacional**

###### **Gestión humana**

La coordinación del programa de la salud ocupacional estará a cargo del Jefe de Laboratorio, sin embargo el Ayudante de laboratorio está a cargo del desarrollo del programa.

Las funciones de las personas involucradas en este proceso son las siguientes:

### **Funciones**

- Fomentar la aplicación de las políticas y objetivos del programa del Laboratorio de Turbomaquinaria.
- Verificar mediante auditorias trimestrales que se esté cumpliendo el programa y que en este se evidencie un mejoramiento continuo.
- Asignar un presupuesto para la consecución del programa de Seguridad Ocupacional.

### **6.7.3.3 Desarrollo del programa**

#### **Programa de medicina preventiva**

Este programa establece actividades para evaluar la salud de cada uno de los trabajadores del Laboratorio de Turbomaquinaria., con el fin de garantizar el buen estado de la salud física, mental y social.

#### **Objetivos**

- Realizar jornadas de salud para evaluar las condiciones físicas de los empleados del laboratorio.
- Capacitar a los empleados de la organización en los factores de riesgo, las enfermedades profesionales que existen, los accidentes de trabajo y los efectos que estos pueden tener en la salud de los trabajadores.
- Capacitar a los empleados en el buen uso de los elementos de protección personal.

#### **Actividades**

- Jornadas de Salud periódicas.
- Capacitaciones en prevención de enfermedades profesionales y de accidentes laborales.

#### **Programa de higiene y seguridad industrial**

Está conformado por las actividades encargadas de controlar los agentes contaminantes que generen enfermedades profesionales en el laboratorio.

## **Programa de seguridad industrial**

Corresponde a todas las actividades relacionadas con la identificación, evaluación y prevención de los factores de riesgo que puedan desencadenar accidentes o enfermedades a los trabajadores de la organización.

- Panorama de riesgos
- Investigación y registro de incidentes, accidentes y enfermedades profesionales
- Acciones correctivas
- Acciones preventivas
- Fomentar el uso de los elementos de protección personal para prevenir riesgos derivados de los puestos de trabajo.
- Señalizar correctamente las áreas de trabajo, salidas de emergencia, zonas de alto riesgo entre otros.

Los riesgos existentes en el laboratorio, están constituidos, principalmente, por los siguientes agentes:

**Físicos:** El medio ambiente físico de trabajo

- Iluminación
- Ruido

**De seguridad:** Las condiciones de seguridad.

- Mecánicos: Máquinas y herramientas, equipos de transporte, elementos móviles y/o cortantes.
- Eléctricos : Equipos electrificados, instalaciones eléctricas
- Almacenamientos : Manejo de bodega
- Instalaciones Locativas
- Incendios y explosiones

## **Plano de seguridad**

Se deberán colocar un plano de seguridad en el área de inspección de calidad, y en la recepción. ANEXO HT27

### 6.7.3.4 Plan de emergencias

#### Objetivo general

Establecer los procedimientos y acciones, que deben realizar las personas que laboran y visitan el laboratorio para evacuar en caso de emergencia.

#### Objetivos específicos

- Proteger la integridad de los empleados, clientes y visitantes.
- Definir, asignar y dar a conocer las funciones y procedimientos específicos para cada una de las personas que se involucren dentro del plan de evacuación
- Divulgar el plan de evacuación a todos los integrantes del laboratorio para conocer el papel que juega cada uno de ellos dentro de la organización para emergencias.

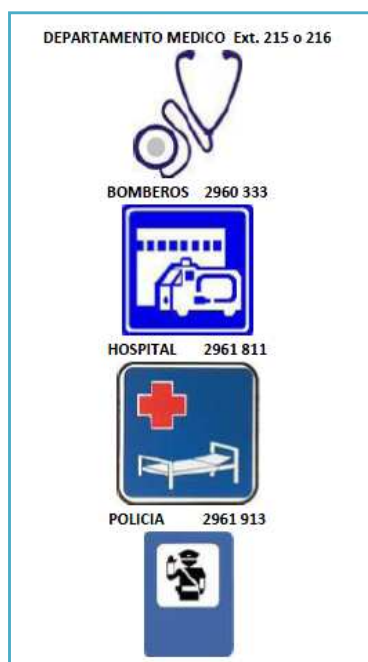
#### Recursos para atención de emergencias

##### Internos

Existe una persona encargada del programa de salud ocupacional (Ayudante de laboratorio), quien está apoyada por el Jefe de laboratorio.

En caso de emergencia, las comunicaciones se pueden realizar a través de teléfonos fijos, celulares. Para la protección contra incendios el laboratorio dispone de extintores portátiles.

##### Externos



**Figura 6.16:** Gráfico de recursos de emergencia



**Plan de evacuación**

El plan de evacuación tiene aplicación en los siguientes tipos de eventos como:

- En Caso de Incendio o presencia de humo
- Explosión
- Posterior a un terremoto

**Simulacros de evacuación**

- Se efectuaran simulacros de evacuación cada año los cuales son de obligatoria participación para todos los empleados de la organización.
- Se deberán elaborar informes de los resultados de los simulacros con sus correspondientes recomendaciones para presentarlo al Decanato de la Facultad de Mecánica.

**Recomendaciones**

- Realizar prueba al sistema de alarma y verificar su cubrimiento
- Realizar una jornada de orden y aseo
- Instalar la señalización de las locaciones.

**Planos de evacuación**

Se deberán colocar el plano de evacuación en el área de inspección de calidad, y en la recepción.

## CAPÍTULO VII

### 7. CALIBRACIÓN, ENSAYOS E INSTRUCTIVOS PARA LAS PRUEBAS DE LABORATORIO.

#### 7.1 Turbina Pelton

##### 7.1.1 Calibración de los equipos y guía de laboratorio

	LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA	
	CALIBRACIÓN	
Equipo: <b>TURBINA PELTON</b>		
Calibración según la norma: N/A		
Método de Calibración Utilizado: N/A		
Gráfica:		
Instrumento: <b>Tacómetro</b>		
Calibración según la norma: N/A	Método de Calibración Utilizado: Calibración de medidores de frecuencia.	
Gráfica:		
Observaciones:		
<ul style="list-style-type: none"><li>• Usar guantes para sujetar los accesorios para el ensayo.</li><li>• Colocarlos de manera adecuada para obtener una mejor precisión en la lectura.</li></ul>		



## LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA

### CALIBRACIÓN

Instrumento: **Dinamómetro**

Calibración según la norma: ISO 376

Gráfica:



Observaciones:

- Usar guantes para sujetar los accesorios para el ensayo.
- Colocarlo de manera adecuada para obtener una mejor precisión en la lectura.
- La calibración de un dinamómetro debe efectuarse con fuerzas de referencia en la unidad de fuerza (el Newton), tal y como lo define el Sistema Internacional de Unidades (SI). La trazabilidad de este sistema de unidades únicamente queda garantizada por los laboratorios de calibración que aplican la norma ISO 17025.

Instrumento: **Manómetro**

Calibración según la norma: NTC 1420, NTC 2263




Método de Calibración Utilizado: Calibrador de manómetro de peso muerto

Gráfica:



Observaciones:

- Colocarlo de manera adecuada para obtener una mejor precisión en la lectura.
- No fije nunca un manómetro sujetándolo de la caja; provocaría la rotura del mismo.
- Para atornillar el aparato, se debe utilizar la fuerza mediante el uso de herramientas adecuadas sobre las superficies planas de ajuste –previstas para este fin-. Nunca sobre la caja.

	LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA	
	CALIBRACIÓN	
Instrumento: <b>Vertedero Triangular</b>		
Calibración según la norma: N/A		Método de Calibración Utilizado: Flujo sobre vertederos
Gráfica: 		
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"><li>• Observar el estado de el vertedero triangular</li></ul>		
Instrumento: <b>Calibrador pie de rey</b>		
Calibración según la norma: NTE INEN 1822		Método de Calibración Utilizado: Procedimiento para la calibración de Calibradores con Vernier.
Gráfica: 		
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"><li>• Verificar que este en buen estado para su uso</li></ul>		



## LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA

### GUÍA DE LABORATORIO

Páginas: 1 de 4

#### A. DESCRIPCIÓN GENERAL

Institución: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Área: Energía

#### TURBINA PELTON

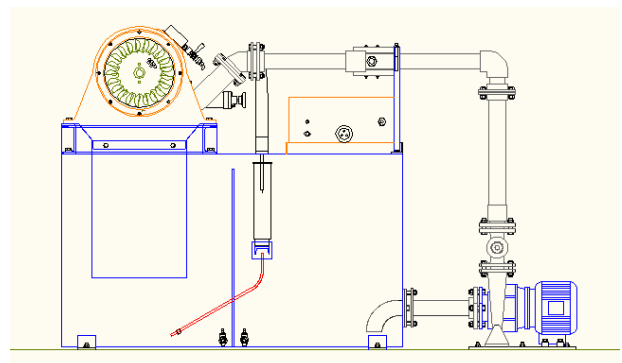
##### 1. Objetivo:

- Conocer los principios de funcionamiento de la turbina Pelton.
- Obtener las curvas características de este tipo de turbina.

##### 2. Equipo:

- Banco de prueba de Turbina Pelton.

##### 3. Esquema del equipo



##### 4. Fórmulas a utilizar:

###### 4.1 Caudal

$$Q = \frac{8}{15} \cdot C_q \cdot \tan(45^\circ) \cdot h^2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot n} \quad \left( \frac{m^3}{s} \right) \quad (1)$$

Donde

$C_q$  = coeficiente de caudal  $C_q = 0.593$  para  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\tan \frac{\alpha}{2} = 1$  y  $0.05 < h < 0.25$

*Claudio Mataix, mecánica de fluidos, pag 298*

$h$  = lectura medida en la escala (m)

$g$  = gravedad



## LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA

### GUÍA DE LABORATORIO

Páginas: 2 de 4

#### 4.2 Altura neta

$$\frac{P_e}{\gamma} + \frac{V_e^2}{2 \cdot g} = H_n \quad (mca) \quad (2)$$

Donde:

$P_e$  = presión de entrada (mca)

$V_e$  = velocidad de entrada ( $m/s$ )

$\gamma$  = peso específico del agua ( $1000 \text{ Kg}/m^3$ )

#### 4.3 Velocidad de entrada

$$V_e = \frac{Q}{A} \quad (3)$$

Donde

$A$  = área de tubería e la entrada ( $m^2$ )

#### 4.4 Potencia hidráulica absorbida ( $P_a$ )

$$\begin{aligned} P_a &= T \cdot N \\ P_a &= W \cdot d \cdot N \\ P_a &= 0.001396 \cdot W \cdot d \cdot N \quad (CV) \quad (4) \end{aligned}$$

Donde

$W$  = carga aplicada ( $Kg$ )

$d$  = longitud de brazo ( $d = 0.25m$ )

$N$  = número de revoluciones ( $rpm$ )

#### 4.5 Potencia hidráulica o potencia útil ( $P_u$ )

$$P_u = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_m}{75} \quad (CV) \quad (5)$$

Donde

$\gamma$  = peso específico ( $Kg/m^3$ )

$Q$  = caudal ( $m^3/s$ )

$H_n$  = altura neta (mca)



## LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA

### GUÍA DE LABORATORIO

Páginas: 3 de 4

#### 4.6 Rendimiento total

$$N_t = \frac{P_u}{P_a} \cdot 100 \quad (\%) \quad (6)$$

#### 5. Operación del equipo

El uso del equipo es directo y se puede seguir los procedimientos de pruebas normales. Se debe tener cuidado de agregar una pequeña cantidad de agua mientras la máquina está funcionando. Después de la prueba evacuar el agua de la rama de admisión, por medio de un tapón. Con estas precauciones procedemos a calibrar el vertedero, con el método volumétrico ya conocido, utilizando la fórmula dada anteriormente.

#### 6. Procedimiento

- Conectar la fuente de suministro eléctrico
- Mantener totalmente abierta la válvula de diafragma
- Abrir completamente la apertura de la aguja
- Pulsar el switch de encendido
- Mantener constante la apertura de la aguja y tomar valores de presión, velocidad, altura, esto es para carga igual a cero.
- Luego con la apertura constante, variamos la carga hasta carga máxima y tomar los datos correspondiente
- Variar la apertura de la aguja (desde abierta completamente a cerrada completamente) y para cada variación hacer lo especificado en el literal f
- Finalmente proceder a variar las condiciones de operación (cerrando la válvula de diafragma).

#### 7. Datos técnicos del equipo: BOMBA

Tipo:	centrifuga trifásica-60Hz
Potencia:	7.5 Kw
Número de revoluciones:	3480 rpm

#### TURBINA

Cabeza neta de diseño:	30.5m
Cabeza de trabajo máxima:	76.2 m
Diámetro máximo de chorro	18.8 m



## LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA

### GUÍA DE LABORATORIO

Páginas: 4 de 4

Diámetro del círculo del tanque del rodete 244 mm

Velocidad optima del eje 800 rpm

Diámetro de la tubería de admisión 65.4 mm

### 8. Tabla para lectura y cálculos

APERTURA			DINAMOMETRO-TACOMETRO			MANOMETROS		MINCLINADO		CAUDAL	SALT.NETO		POTENCIAS	RENDIMIENTO
ALABES BOMBA AXIAL	ALABES DISTRIBUIDOR	ALABES DEL ROTOR	W	F	N	He	Hs	h	hv	Q	Hn	Pu	Pa	Nt
grados	grados	posición	Kg	Newton	rpm	m.c.a	m.c.a	in. Hg	m.c.a	m <sup>3</sup> /s	m.c.a	CV	CV	%

### 9. Cálculo tipo

Se debe indicar un cálculo aproximado de los valores requeridos para graficar las curvas características.

### 10. Curvas características

Realizar los siguientes gráficos:

- Hm vs Q
- Pa vs Hm
- Nt vs Hm

### 11. Conclusiones

### 12. Recomendaciones

REVISÓ:

APROBÓ:

CARGO:

CARGO:



### 7.1.2 Pruebas y análisis de resultados (Ejemplo)

**Tabla 7.1** Tabla de resultados de la Turbina Pelton

VALVULAS			MANOMETRO	REVOLUCIONES	CALIBRACION DEL VERTEDERO			Vel. Entrada	ALTURA NETA	PESO	TORQUE	POTENCIA		RENDIMIENTO
diafragma	aguja		Pe/γ	N	Q	h	Cq	Ve	Hn	W	T	Pu	Pa	Nt
	vueltas	porcentaje	m.c.a	rpm	m <sup>3</sup> /s	m		m/s	m.c.a	Kg	Kg-m	CV	CV	%
<b>T.A</b>	T.A	100%	11	640	0.0045	0.0953	0.679756703	1.42098008	11.10301961	0.5	0.125	0.200675	0.66618118	30.12318676
<b>T.A</b>	-2	84.60%	12	680	0.0045	0.0954	0.67797677	1.42098008	12.10301961	0.5	0.125	0.200675	0.72618118	27.63428831
<b>T.A</b>	-4	69.20%	13	730	0.0041	0.0945	0.63252482	1.29467074	13.085519	0.5	0.125	0.200675	0.71534171	28.05302676
<b>T.A</b>	-6	53.80%	15	780	0.0039	0.0937	0.614594778	1.23151607	15.07737918	0.5	0.125	0.200675	0.78402372	25.59552672
<b>T.A</b>	-8	38.50%	20	880	0.0035	0.0912	0.590138821	1.10520673	20.06232051	0.5	0.125	0.200675	0.93624162	21.43410365
<b>T.A</b>	-10	23.10%	27	1020	0.003	0.0852	0.599646778	0.94732005	27.04578649	0.5	0.125	0.200675	1.08183146	18.54956224
<b>T.A</b>	-12	7.70%	27	1150	0.0015	0.07	0.490026307	0.47366003	27.01144662	0.5	0.125	0.200675	0.54022893	37.1462889

### Cálculo tipo

El cálculo tipo se lo hizo con la válvula de diafragma totalmente abierta y un 7.70% de apertura de la aguja.

Datos obtenidos durante la práctica:

$$\frac{P_e}{\gamma} = 27 \text{ m.c.a}$$

$$Q = 0.0015 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = 0.07 \text{ m}$$

$$D = 0.0635 \text{ m}$$

$$W = 0.5 \text{ Kg}$$

$$N = 1150 \text{ rpm}$$

$$d. = 0.25 \text{ m}$$

- **Coefficiente de caudal**

$$C_q = \frac{15 \times Q}{(8 \times (h)^2 \times (2 \times g \times h)^{0.5})} = \frac{15 \times 0.0015}{(8 \times (0.07)^2 \times (2 \times 9.8 \times 0.07)^{0.5})}$$

$$= 0.490$$

- **Velocidad de entrada**

$$V_e = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi \times D^2}{4}} = \frac{0.0015}{\frac{\pi \times 0.0635^2}{4}} = 0.473 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Altura neta**

$$H_n = \frac{P_e}{\gamma} + \frac{V_e^2}{2 \times g} = 26 + \frac{(0.473)^2}{(2 \times 9.8)} = 27.011 \text{ m. c. a}$$

- **Potencia útil**

$$P_u = 0.001396 \times W \times d \times N = 0.001396 \times 0.5 \times 0.25 \times 1150 = 0.20068 \text{ C V}$$

- **Potencia hidráulica absorbida**

$$P_a = \frac{\gamma \times Q \times H_n}{75} = \frac{1000 \times 0.0015 \times 27.011}{75} = 0.54023 \text{ CV}$$

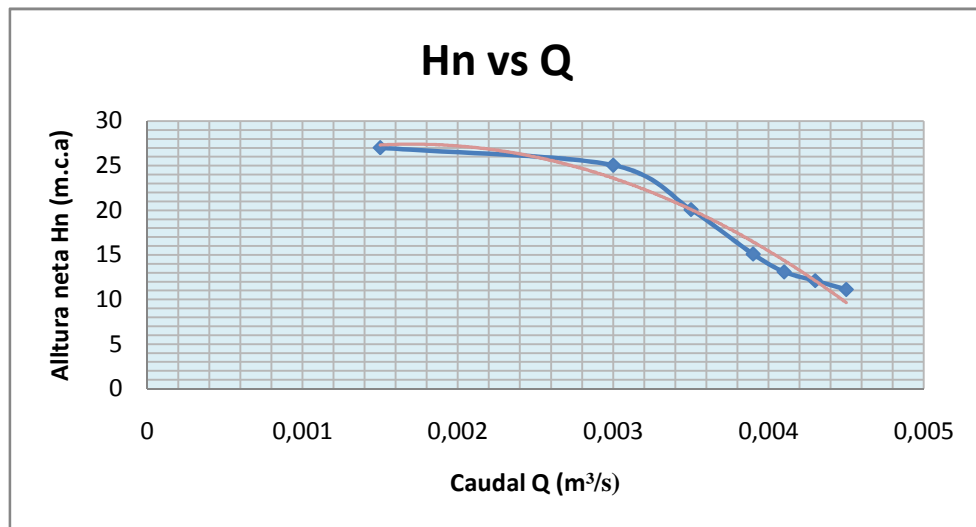
- **Torque**

$$T = W \times d = 0.5 \times 0.25 = 0.125 \text{ Kg} - \text{m}$$

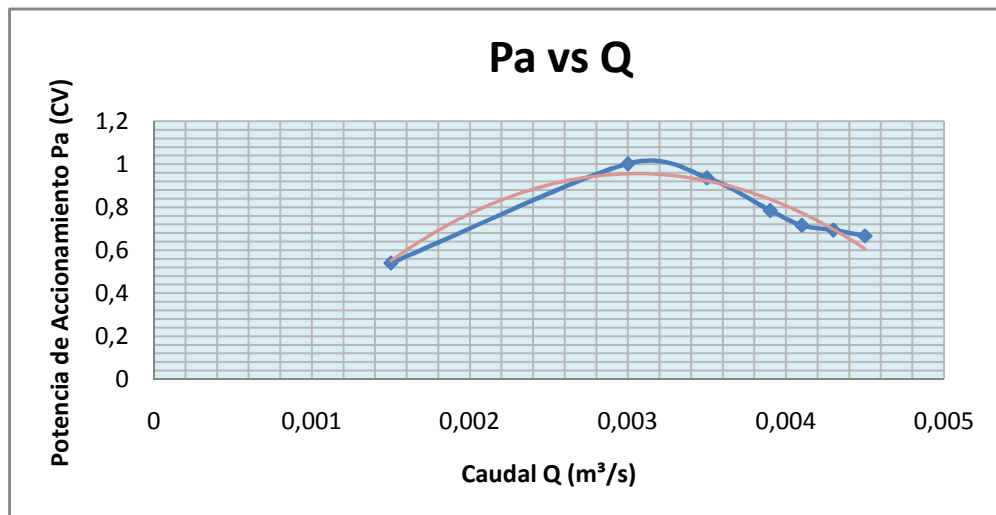
- **Rendimiento total**

$$N_t = \frac{P_u}{P_a} \times 100\% = \frac{0.20068}{0.54023} \times 100\% = 37.1463\%$$

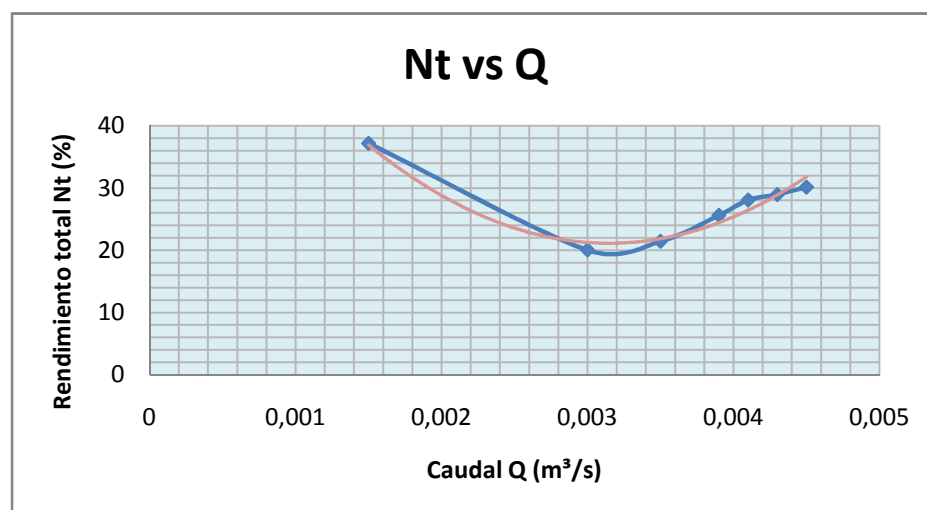
### Curvas características de la turbina



**Figura7.1:** Gráfica altura neta vs caudal






**Figura7.2:** Gráfica potencia de accionamiento vs caudal



**Figura7.3:** Gráfica rendimiento total vs caudal

## 7.2 Turbina Francis

### 7.2.1 Calibración de los equipos y guía de laboratorio

	LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA	
	CALIBRACIÓN	
Equipo: <b>TURBINA FRANCIS</b>		
Calibración según la norma: N/A		
Método de Calibración Utilizado: N/A		
Gráfica: 		
Instrumento: <b>Tacómetro</b>		
Calibración según la norma: N/A		Método de Calibración Utilizado: Calibración de medidores de frecuencia.
Gráfica: 		
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"><li>• Usar guantes para sujetar los accesorios para el ensayo.</li><li>• Colocarlos de manera adecuada para obtener una mejor precisión en la lectura.</li></ul>		



## LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA

### CALIBRACIÓN

Instrumento: **Dinamómetro**

Calibración según la norma: ISO 376

Gráfica:



Observaciones:

- Usar guantes para sujetar los accesorios para el ensayo.
- Colocarlo de manera adecuada para obtener una mejor precisión en la lectura.
- La calibración de un dinamómetro debe efectuarse con fuerzas de referencia en la unidad de fuerza (el Newton), tal y como lo define el Sistema Internacional de Unidades (SI). La trazabilidad de este sistema de unidades únicamente queda garantizada por los laboratorios de calibración que aplican la norma ISO 17025.

Instrumento: **Manómetro**

Calibración según la norma: NTC 1420, NTC 2263



Método de Calibración Utilizado: Calibrador de manómetro de peso muerto



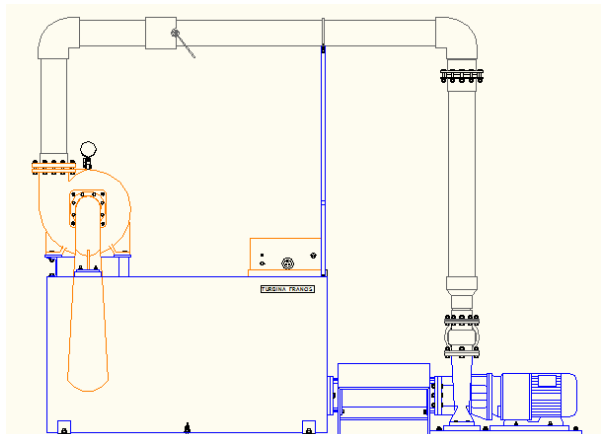
Gráfica:



Observaciones:

- Colocarlo de manera adecuada para obtener una mejor precisión en la lectura.
- No fije nunca un manómetro sujetándolo de la caja; provocaría la rotura del mismo.
- Para atornillar el aparato, se debe utilizar la fuerza mediante el uso de herramientas adecuadas sobre las superficies planas de ajuste –previstas para este fin-. Nunca sobre la caja.

	<b>LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA</b>	
	<b>CALIBRACIÓN</b>	
Instrumento: <b>Calibrador Pie de Rey</b>		
Calibración según la norma: NTE INEN 1822	Método de Calibración Utilizado: Procedimiento para la calibración de Calibradores con Vernier.	
Gráfica: <div style="text-align: center;">  </div>		
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar que este en buen estado para su uso.</li> </ul>		

	LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA		
	GUÍA DE LABORATORIO		Páginas: 1 de 4
A. DESCRIPCIÓN GENERAL			
Institución		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	
Área:		Energía	
TURBINA FRANCIS			
<div>1. Objetivo:</div> <div><ul style="list-style-type: none"><li>• Conocer los principios de funcionamiento de la turbina Francis.</li><li>• Relacionar el torque, potencia, eficiencia y velocidad de rotación para diferentes cabezas y diferentes posiciones de los álabes directrices del estator, ya que los álabes del rotor permanecen fijos.</li></ul></div> <div>2. Equipo:</div> <div><ul style="list-style-type: none"><li>• Banco de prueba de Turbina Francis.</li></ul></div> <div>3. Esquema del equipo</div>			
			
<div>4. Fórmulas a utilizar:</div> <div>4.1 Altura neta</div> <div>Tomando la ecuación de Bernoulli entre la entrada y la salida a la turbina tenemos</div> <div><math display="block">\frac{P_e}{\gamma} + \frac{V_e^2}{2 \cdot g} + Z_e - H_n = \frac{V_s^2}{2 \cdot g} + \frac{P_s}{\gamma} + Z_e</math><math display="block">H_n = \frac{P_e}{\gamma} - \frac{P_s}{\gamma} + \frac{V_e^2}{2 \cdot g} - \frac{V_s^2}{2 \cdot g} + Z_e - Z_e \quad (1)</math></div>			


**LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA**
**GUÍA DE LABORATORIO**

Páginas: 2 de 4

Donde:

 $P_s = 0$  (Presión atmosférica)

 $V_s = 0$  (Pequeña comparada con  $V_e$ )

 $Z_e - Z_e = 1.32 \text{ m}$ 
 $\frac{P_e}{\gamma}$  = presión de entrada (mca)

 $V_e$  = velocidad de entrada ( $\text{m/s}$ )

 $\gamma$  = peso específico del agua ( $1000 \text{ Kg/m}^3$ )

Por lo que la ecuación (1) queda

$$H_n = \frac{P_e}{\gamma} + \frac{V_e^2}{2 \cdot g} + 1.32 \text{ (mca)}$$

**4.2 Velocidad de entrada**

$$V_e = \frac{Q}{A_e} \quad (2)$$

Donde

 $A_e$  = área de la turbina ( $\text{m}^2$ )

 $D_e$  = diámetro de la tubería (6 plg)

 $Q$  = caudal ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

**4.3 Potencia hidráulica absorbida ( $P_a$ )**

$$P_a = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_n}{75} \quad (\text{CV}) \quad (3)$$

Donde

 $\gamma$  = peso específico ( $\text{Kg/m}^3$ )

 $Q$  = caudal ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

 $H_n$  = altura neta (mca)

**4.4 Potencia hidráulica o potencia útil ( $P_u$ )**

$$P_a = 0.001396 \cdot W \cdot d \cdot N \quad (\text{CV}) \quad (4)$$





## LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA

### GUÍA DE LABORATORIO

Páginas: 3 de 4

Donde

$W$  = peso en la balanza del torque (dinamómetro)      ( $Kg$ )  
 $d$  = distancia o brazo de momento      ( $d = 0.25m$ )  
 $N$  = número de revoluciones del eje de la turbina      ( $rpm$ )  
 $T = W \cdot d$  = torque

#### 4.5 Rendimiento total

$$N_t = \frac{P_u}{P_a} \cdot 100 \quad (\%) \quad (5)$$

### 5. Operación del equipo

El uso del equipo es directo y se puede seguir los procedimientos de pruebas normales. A medida que las paletas están abiertas aumentan el flujo del agua a través de la turbina y en consecuencia aumenta su potencia.

### 6. Procedimiento

- Compruebe que el depósito está lleno hasta el nivel correcto – sólo por debajo de la cúspide de la muesca en V
- Conectar la fuente de suministro eléctrico
- Abrir poco a poco la válvula de descarga hasta la posición totalmente abierta. Esta válvula se mantiene abierta durante toda la prueba.
- Regular los alabes directrices de la turbina en una posición constante partiendo desde cero en adelante.
- Accionar el freno del dinamómetro desde cero a carga máxima para cada aumento de carga tomar los datos de presión, velocidad y caudal
- Cambiar la posición de los alabes directrices en un rango de  $5^\circ$  por medio de la palanca reguladora de los alabes y repetir el literal d
- Cerrar la válvula de ingreso hasta la posición deseada para realizar la toma de nuevos datos.

### 7. Datos técnicos del equipo: BOMBA

Tipo:      centrífuga trifásica-60Hz  
 Potencia:      7.5 Kw  
 Número de revoluciones:      1750 rpm


**LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA**
**GUÍA DE LABORATORIO**

Páginas: 4 de 4

**TURBINA**

Tipo:	francis de voluta revertida
Tamaño nominal del rodete:	152.5 mm
Velocidad específica	36
Cabeza neta de diseño	6 m
Rendimiento máximo del eje	2.9 BHP
Diámetro máximo del chorro	18.8 mm
Flujo de agua	2700 lt/min
Velocidad óptima del eje	1000 rpm
Número de palas	8
Diámetro de la tubería de ingreso a la turbina	152.5 mm= 6plg

**8. Tabla para lectura y cálculos**

APERTURA		MANOMETRO	CAUDAL	Vel. ENTRADA	ALTURA NETA	REVOLUCIONES	PESO	TORQUE	POTENCIAS		RENDIMIENTO
VALVULA INGRESO	ALABES. DISTRIBUIDOR	Pe/γ	Q	Ve	Hn	N	W	T	Pu	Pa	Nt
porcentaje	grados	m.c.a	m <sup>3</sup> /s	m/s	m.c.a	rpm	Kg	Kg-m	CV	CV	%

**9. Cálculo tipo**

Se debe indicar un cálculo aproximado de los valores requeridos para graficar las curvas características.

**10. Curvas características**

Realizar los siguientes gráficos:

- Hn vs Q
- Pa vs Q
- Nt vs Q

**11. Conclusiones**
**12. Recomendaciones**
**REVISÓ:**
**CARGO:**
**APROBÓ:**
**CARGO:**

### 7.2.2 Pruebas y análisis de resultados (Ejemplo)

**Tabla 7.2** Tabla de resultados de la Turbina Francis

APERTURA		MANOMETRO	CAUDAL	Vel. ENTRADA	ALTURA NETA	REVOLUCIONES	PESO	TORQUE	POTENCIAS		RENDIMIENTO
VAL.INGRESO	ALABES .DISTRIBUIDOR	Pe/ $\gamma$	Q	Ve	Hn	N	W	T	Pu	Pa	Nt
Porcentaje	grados	m.c.a	m <sup>3</sup> /s	m/s	m.c.a	rpm	Kg	Kg-m	CV	CV	%
15.40%	5	10.3	0.015	0.822719268	11.65453403	1920	0	0	0	2.24125654	0
15.40%	5	10.1	0.015	0.822719268	11.45453403	1880	0.51	0.1275	0.3346212	2.20279501	15.19075534
15.40%	5	9.6	0.015	0.822719268	10.95453403	1840	1.02	0.255	0.6550032	2.10664116	31.09230051
15.40%	5	9.5	0.015	0.822719268	10.85453403	1760	1.53	0.3825	0.9397872	2.08741039	45.02167874
15.40%	5	9.2	0.015	0.822719268	10.55453403	1680	2.04	0.51	1.1960928	2.02971808	58.92901138

### Cálculo tipo

Datos obtenidos durante la práctica:

$$\frac{P_e}{\gamma} = 9.5 \text{ m.c.a}$$

$$Q = 0.0015 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_e = 0.1524 \text{ m} = 6 \text{ plg.}$$

$$W = 15 \text{ N} = 1.53 \text{ Kg}$$

$$N = 1760 \text{ rpm}$$

$$d. = 0.25 \text{ m}$$

- **Velocidad de entrada**

$$V_e = \frac{Q}{A_e} = \frac{Q}{\frac{\pi * D_e^2}{4}} = \frac{0.0015}{\frac{\pi * 0.1524^2}{4}} = 0.8223 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Altura neta**

$$H_n = \frac{P_e}{\gamma} + \frac{V_e^2}{2 * g} + 1.32 = 9.5 + \frac{(0.8223)^2}{(2 * 9.8)} + 1.32 = 10.8545 \text{ m. c. a}$$

- **Potencia útil**

$$P_a = 0.001396 \cdot W \cdot d \cdot N = 0.001396 * 1.53 * 0.25 * 1760 = 0.9398 \text{ CV}$$

- **Potencia hidráulica absorbida**

$$P_a = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_n}{75} = \frac{1000 * 0.015 * 10.8545}{75} = 2.1709 \text{ CV}$$

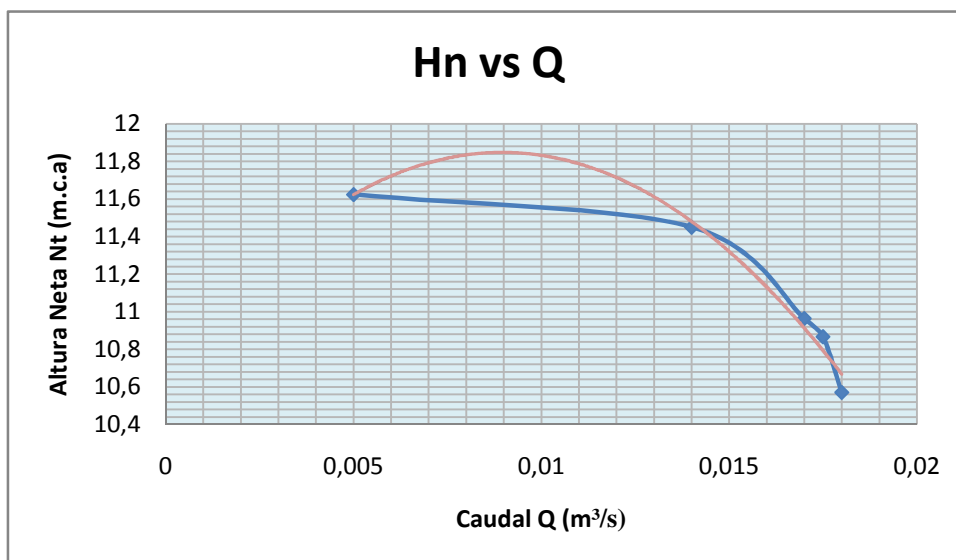
- **Torque**

$$T = W \cdot d = 1.53 * 0.25 = 0.3825 \text{ Kg} - \text{m}$$

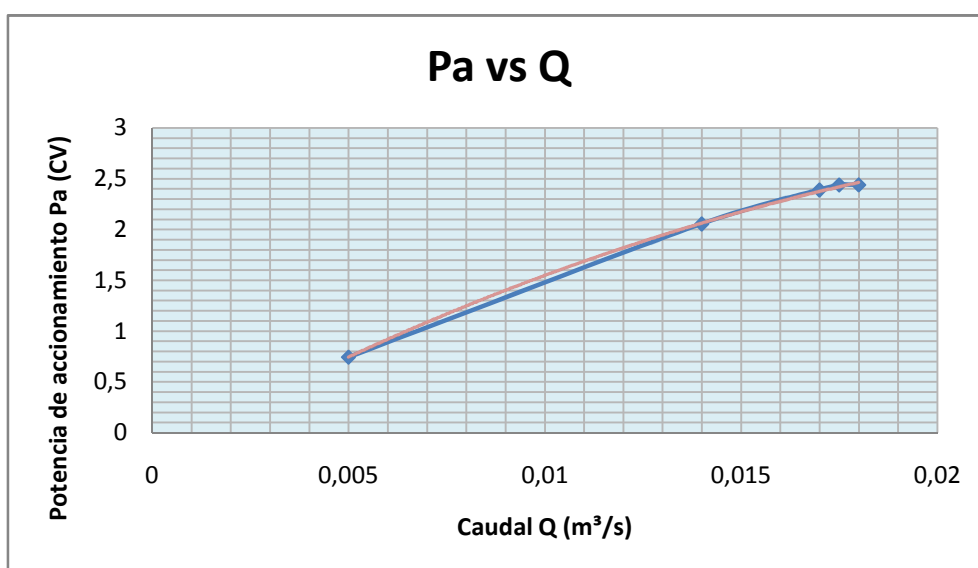
- **Rendimiento total**

$$N_t = \frac{P_u}{P_a} \cdot 100 = \frac{0.9398}{2.1709} * 100 (\%) = 43.29 \%$$

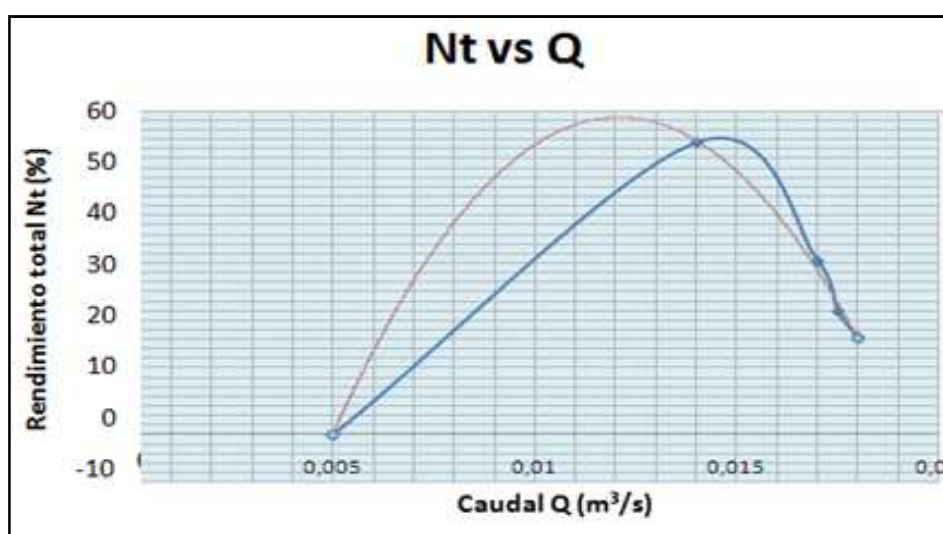
### Curvas características



**Figura7.4:** Gráfica altura neta vs caudal



**Figura7.5:** Gráfica altura neta vs caudal






**Figura7.5:** Gráfica rendimiento total vs caudal

### 7.3 Turbina Kaplan




#### 7.3.1 Calibración de los equipos y guía de laboratorio

	LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA	
	CALIBRACIÓN	
Equipo: <b>TURBINA KAPLAN</b>		
Calibración según la norma: N/A		
Método de Calibración Utilizado: N/A		
Gráfica: 		
Instrumento: <b>Tacómetro</b>		
Calibración según la norma: N/A		Método de Calibración Utilizado: Calibración de medidores de frecuencia.
Gráfica: 		
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"><li>• Usar guantes para sujetar los accesorios para el ensayo.</li><li>• Colocarlos de manera adecuada para obtener una mejor precisión en la lectura.</li></ul>		

	LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA	
	CALIBRACIÓN	
Instrumento: <b>Manómetro</b>		
Calibración según la norma: NTC 1420, NTC 2263		Método de Calibración Utilizado: Calibrador de manómetro de peso muerto .
Gráfica:		
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"><li>• Colocar de manera adecuada para obtener una mejor precisión en la lectura.</li><li>• No fije nunca un manómetro sujetándolo de la caja; provocaría la rotura del mismo.</li><li>• Para atornillar el aparato, se debe utilizar la fuerza mediante el uso de herramientas adecuadas sobre las superficies planas de ajuste –previstas para este fin-. Nunca sobre la caja.</li></ul>		
Instrumento: <b>Vacuómetro</b>		
Calibración según la norma: NTC 1420, NTC 2263		Método de Calibración Utilizado: Calibrador de manómetro de peso muerto utilizando una bomba de vacío
Gráfica:		
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"><li>• Colocar de manera adecuada para obtener una mejor precisión en la lectura.</li><li>• No fije nunca un vacuómetro sujetándolo de la caja; provocaría la rotura del mismo.</li><li>• Para atornillar el aparato, se debe utilizar la fuerza mediante el uso de herramientas adecuadas sobre las superficies planas de ajuste –previstas para este fin-. Nunca sobre la caja.</li></ul>		



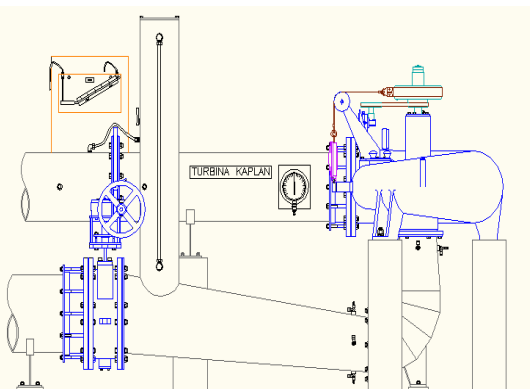
	LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA	
	CALIBRACIÓN	
Instrumento : <b>Manómetro de Mercurio</b>		
Calibración según la norma: N/A		Método de Calibración Utilizado:N/A
Gráfica: 		
Obsevaciones:		
Instrumento: <b>Placa Orificio</b>		
Calibración según la norma: ISO 5167 – 1 : ISO 5168		Método de Calibración Utilizado: incertidumbre en la medición de flujo másico mediante una placa de orificio
Gráfica: 		
Observaciones:		
<ul style="list-style-type: none"><li>• Usar guantes para sujetar los accesorios para el ensayo.</li><li>• Colocarlos de manera adecuada para obtener una mejor precisión en la lectura.</li></ul>		




	LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA	
	CALIBRACIÓN	
Instrumento: <b>Dinamómetro</b>		
Calibración según la norma: ISO 376		
Gráfica:		
Observaciones:		
<ul style="list-style-type: none"><li>• Usar guantes para sujetar los accesorios para el ensayo.</li><li>• Colocarlo de manera adecuada para obtener una mejor precisión en la lectura.</li><li>• La calibración de un dinamómetro debe efectuarse con fuerzas de referencia en la unidad de fuerza (el Newton), tal y como lo define el Sistema Internacional de Unidades (SI). La trazabilidad de este sistema de unidades únicamente queda garantizada por los laboratorios de calibración que aplican la norma ISO 17025.</li></ul>		
Instrumento: <b>Tacómetro</b>		
Calibración según la norma: N/A		Método de Calibración Utilizado: Calibración de medidores de frecuencia.
Gráfica:		
Observaciones:		
<ul style="list-style-type: none"><li>• Usar guantes para sujetar los accesorios para el ensayo.</li><li>• Colocarlo de manera adecuada para obtener una mejor precisión en la lectura.</li></ul>		

	LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA	
	CALIBRACIÓN	
Instrumento: <b>Manómetro</b>		
Calibración según la norma: NTC 1420, NTC 2263		Método de Calibración Utilizado: Calibrador de manómetro de peso muerto.
Gráfica: <div></div>		
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"><li>• Colocar de manera adecuada para obtener una mejor precisión en la lectura.</li><li>• No fije nunca un manómetro sujetándolo de la caja; provocaría la rotura del mismo.</li><li>• Para atornillar el aparato, se debe utilizar la fuerza mediante el uso de herramientas adecuadas sobre las superficies planas de ajuste –previstas para este fin-. Nunca sobre la caja.</li></ul>		
Instrumento: <b>Calibrador pie de rey</b>		
Calibración según la norma: NTE INEN 1822		Método de Calibración Utilizado: Procedimiento para la calibración de Calibradores con Vernier.
Gráfica: <div></div>		
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"><li>• Verificar que este en buen estado para su uso</li></ul>		

	LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA	
	CALIBRACIÓN	
Instrumento: <b>PESAS</b>		
Calibración según la norma: NOM-038-SCFI-2000		Método de Calibración Utilizado: Incertidumbre en la calibración de pesas por el método ABBA
Gráfica: 		
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"><li>• Verificar que este en buen estado para su uso</li></ul>		

	LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA	
	GUÍA DE LABORATORIO	Páginas: 1 de 4
A. DESCRIPCIÓN GENERAL		
Institución	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	
Área:	Energía	
TURBINA KAPLAN		
<b>1. Objetivo:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Conocer los principios de funcionamiento de la turbina Kaplan</li><li>• Obtener las curvas características de este tipo de turbina.</li></ul>		
<b>2. Equipo:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Banco de prueba de Turbina Kaplan.</li></ul>		
<b>3. Esquema del equipo</b>		
		
<b>4. Fórmulas a utilizar:</b> <p>Tomando la entrada y salida como fronteras del volumen e control tenemos:</p> <b>4.1 Altura neta o salto</b> $\frac{P_e}{\gamma} + \frac{V_e^2}{2 \cdot g} + Z_e - H_n = \frac{V_s^2}{2 \cdot g} + \frac{P_s}{\gamma} + Z_e$ $H_n = \frac{P_e}{\gamma} - \frac{P_s}{\gamma} + \frac{V_e^2}{2 \cdot g} - \frac{V_s^2}{2 \cdot g} + Z_e - Z_e \quad (1)$		

	LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA	
	GUÍA DE LABORATORIO	Páginas: 2 de 4
<p>Donde:</p> <p><math>P_e</math> = presión de entrada a la turbina</p> <p><math>H_e = \frac{P_e}{\gamma}</math> (mca) lectura en el manómetro</p> <p><math>P_s</math> = presión a la salida de la turbina</p> <p><math>H_s = \frac{P_s}{\gamma}</math> (mca) lectura en el manómetro</p> <p><math>V_s = 0</math> (Pequeña comparada con <math>V_e</math>)</p> <p><math>Z_e - Z_s = 0.83 \text{ m}</math> (no despreciable)</p> $Q = A_e \cdot V_e = A_s \cdot V_s \quad \text{ecuación de continuidad} \quad (2)$ <p><math>V_e</math> = velocidad de entrada (m/s)</p> <p><math>V_s</math> = velocidad de salida (m/s)</p> <p><math>\gamma</math> = peso específico del agua (1000 Kg/m<sup>3</sup>)</p> <p><math>A_e</math> = área de la tubería en la entrada</p> <p><math>A_s</math> = área de la tubería en la salida</p> <p>Remplazando los valores en (2) obtenemos:</p> $\frac{\pi \cdot D_e^2}{4} \cdot V_e = \frac{\pi \cdot D_s^2}{4} \cdot V_s$ $D_e^2 \cdot V_e = D_s^2 \cdot V_s$ $V_s = \frac{D_e^4}{D_s^4} \cdot V_e^2$ $V_e^2 = \frac{Q^2}{A_e^2} \quad (3)$ <p>Remplazando (3) en (1) y sabiendo que:</p> $D_e = 0.344 \text{ m} \quad \text{y} \quad D_s = 0.271 \text{ m}$ $H_s = H_e + H_s + B \cdot Q^2 + 0.83$ <p>Donde:</p> <p>B = constante que depende de los diámetros</p> <h4>4.2 Determinación del caudal</h4> <p>Se utiliza el mismo equipo que el de la bomba axial ya que forma un circuito con la turbina kaplan. La fórmula para el caudal a través del diafragma es:</p> $Q = C_q \cdot A_0 \cdot (2 \cdot g \cdot h)^{1/2} \quad (5)$		



## LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA

### GUÍA DE LABORATORIO

Páginas: 3 de 4

Y utilizando el grafico dado ya en la bomba axial con los datos pertinentes obtenemos

$$Q = 0.375 \cdot C_q \cdot (h)^{1/2} \quad (m^3/s) \quad (6)$$

Donde

$h$  = lectura en el manómetro inclinado

#### 4.3 Potencia hidráulica absorbida ( $P_a$ )

$$P_a = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_n}{75} \quad (CV) \quad (7)$$

Donde

$\gamma$  = peso específico  $\left( \frac{Kg}{m^3} \right)$

$Q$  = caudal  $\left( \frac{m^3}{s} \right)$

$H_n$  = altura neta  $(mca)$

#### 4.4 Potencia hidráulica o potencia útil ( $P_u$ )

$$P_a = 0.0002094 \cdot N \cdot \left( W \cdot \frac{F}{9.8} \right) \quad (CV) \quad (8)$$

Donde

$$W_1 = \left( W - \frac{F}{9.8} \right)$$

$N$  = número de revoluciones del eje de la turbina  $(rpm)$

$W$  = Carga que actúa sobre el tambor  $(Kg)$

$F$  = lectura en el dinamómetro  $(N)$

$T = W_1 \cdot d$  = torque

$d$  = distancia o brazo de momento  $d = 0.15 \text{ m}$

#### 4.5 Rendimiento total

$$N_t = \frac{P_u}{P_a} \cdot 100 \quad (\%) \quad (5)$$



## LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA

### GUÍA DE LABORATORIO

Páginas: 4 de 4

#### 5. Operación del equipo

El uso del equipo es directo y se puede seguir los procedimientos de pruebas normales. A medida que las paletas están abiertas aumentan el flujo del agua a través de la turbina y en consecuencia aumenta su potencia.

#### 6. Procedimiento

- Las válvulas de succión y descarga de la bomba deben estar completamente abiertas, seleccionar la posición de los alabes del rotor de la bomba axial constantes
- Girar los alabes del distribuidor a  $10^\circ$  y los alabes del rotor a la posición de 0.2, ajustar con la contratuerca
- En la balanza colocar un peso de 5kg
- Tomar datos de presiones, número de revoluciones, altura en el manómetro inclinado y lectura en el dinamómetro
- Cambiar el ángulo de los alabes del distribuidor en un rango de  $5^\circ$  hasta  $45^\circ$  para cada cambio hacer lo especificado en el literal d
- Retornar al literal c pero cambiar el peso a 10 y 15 Kg respectivamente; para cada cambio volver a realizar los pasos d) y e)
- Apagar el equipo
- Cambiar la posición del rotor a 0.3 y seguir variando en un rango de 0.1 hasta la posición 0.6, para cada cambio volvemos a realizar los pasos c), d), f), g).

#### 7. Datos técnicos del equipo:

##### BOMBA

Tipo: flujo axial  
Rotor : alabes móviles en forma de hélice

##### TURBINA

Tipo: kaplan de 8"  
Número específico de revoluciones 135  
Cabeza neta de diseño 1.5 ft  
Velocidad de la turbina 1080 rpm  
Diámetro de la tubería de entrada 0.344m  
Diámetro de la tubería de salida 0.271m  
Número de aspas del rotor 4  
Número de aspas del distribuidor 16



## LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA

### GUÍA DE LABORATORIO

Páginas: 4 de 4

### 8. Tabla para lectura y cálculos

APERTURA			DINAMOMETRO-TACOMETRO			MANOMETROS		MINCLINADO		CAUDAL	SALT.NETO	POTENCIAS		RENDIMIENTO
ALABES BOMBA AXIAL grados	ALABES DISTRIBUIDOR grados	ALABES DEL ROTOR posición	W Kg	F Newton	N rpm	He m.c.a	Hs m.c.a	h in. Hg	hv m.c.a	Q m <sup>3</sup> /s	Hn m.c.a	Pu CV	Pa CV	Nt %

### 9. Cálculo tipo

Se debe indicar un cálculo aproximado de los valores requeridos para graficar las curvas características

### 10. Curvas características

Realizar los siguientes gráficos:

- Pu vs N
- Q vs N
- Nt vs N

### 11. Conclusiones

### 12. Recomendaciones

REVISÓ:

CARGO:

APROBÓ:

CARGO:



### 7.3.2 Pruebas y análisis de resultados (Ejemplo)

**Tabla 7.3** Tabla de resultados de la Turbina Kaplan

ALABES BOMBA AXIAL	APERTURA		DINAMOMETRO- TACOMETRO			MANOMETROS		M.INCLINADO		CAUDAL	SALT.NETO	POTENCIAS		RENDIMIENTO
	ALABES	ALABES	W	F	N	He	Hs	h	hv	Q	Hn	Pu	Pa	Nt
	DISTRIBUIDOR	DEL ROTOR												
grados	grados	posición	Kg	Newton	rpm	m.c.a	m.c.a	in. Hg	m.c.a	m³/s	m.c.a	CV	CV	%
22	10	0.2	5	0	600	9.5	0.7	10	1.29424127	0.03114309	8.73927201	0.6282	3.6289062	17.31100131
22	20	0.2	5	0	1180	8.3	0.7	25	3.23560317	0.04924155	6.20318002	1.23546	4.07272302	30.33498705
22	30	0.2	5	5	1500	8.1	0.65	30	3.8827238	0.05394142	5.60781602	1.4102449	4.03324747	34.96549386
22	40	0.2	5	5	1650	8	0.5	35	4.52984444	0.05826339	5.21245202	1.55126939	4.04926854	38.30986692
22	50	0.2	5	6	1700	8	0.5	35	4.52984444	0.05826339	5.21245202	1.56195306	4.04926854	38.57370898
22	60	0.2	5	6	1850	8	0.5	35	4.52984444	0.05826339	5.21245202	1.69977245	4.04926854	41.97727153

### Cálculo tipo

El cálculo tipo se realizó con una apertura de los alabes de la bomba axial de 22°, posición de las palas del rotor 0.2, carga aplicada en el dinamómetro 5 Kg y con distintos grados de apertura de los alabes del distribuidor (5° hasta 60°).

### Datos

$$H_e = 9.5 \text{ m.c.a}$$

$$H_s = 0.7 \text{ m.c.a}$$

$$h. = 10 \text{ in Hg}$$

$$D_e = 0.344 \text{ m}$$

$$D_s = 0.271 \text{ m}$$

$$W = 5 \text{ Kg}$$

$$F = 0 \text{ N}$$

$$N = 600 \text{ rpm}$$

$$d. = 0.15 \text{ m}$$

#### • Determinación del caudal

$$h. = 15 \text{ in Hg}$$

$$h_v = 0.34566 \cdot h \cdot \sin \phi$$

$$h_v = 0.34566 \cdot 10 \cdot \sin \frac{22 \cdot \pi}{180} = 1.2942 \text{ m.c.a}$$

$$Q = 0.0375 \cdot C_q \cdot (h)^{1/2} \quad \left( \frac{m^3}{s} \right)$$

$$Q = 0.0375 \cdot 0.73 \cdot (1.2942)^{1/2} = 0.0311 \left( \frac{m^3}{s} \right)$$

#### • Altura neta o salto

$$A_e = \text{área de la tubería en la entrada} = \frac{\pi \cdot D_e^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0.344^2}{4} = 0.09294$$

$$A_s = \text{área de la tubería en la salida} = \frac{\pi \cdot D_s^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0.271^2}{4} = 0.05768$$

$$V_e = \frac{0.0311}{0.09294} = 0.3346 \text{ m/s}$$

$$V_s = \frac{0.0311}{0.05768} = 0.53918 \text{ m/s}$$

$$H_n = \frac{P_e}{\gamma} - \frac{P_s}{\gamma} + \frac{V_e^2}{2 \cdot g} - \frac{V_s^2}{2 \cdot g} + Z_e - Z_s$$

$$H_n = 9.5 - 0.7 + \frac{0.3346^2}{2 \cdot 9.8} - \frac{0.53918^2}{2 \cdot 9.8} + 0.83 = 8.7392 \text{ m.c.a}$$

- **Potencia hidráulica absorbida ( $P_a$ )**

$$P_a = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_n}{75} \quad (CV)$$

$$P_a = \frac{1000 \cdot 0.0311 \cdot 8.7392}{75} = 3.6289 \text{ CV}$$

- **Potencia hidráulica o potencia útil ( $P_u$ )**

$$P_U = 0.0002094 \cdot N \cdot \left( W - \frac{F}{9.8} \right) \quad (CV)$$

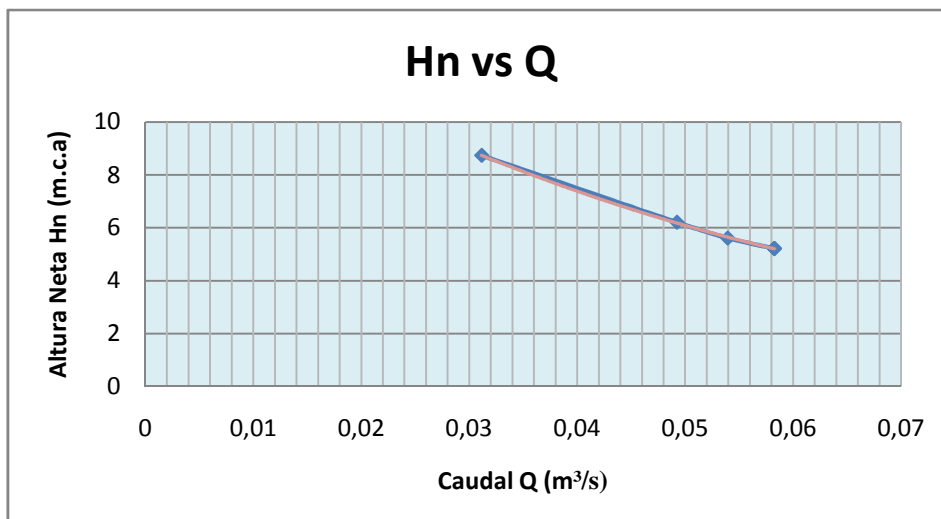
$$P_U = 0.0002094 \cdot 600 \cdot \left( 5 - \frac{0}{9.8} \right) = 0.6282 \quad (CV)$$

- **Rendimiento total**

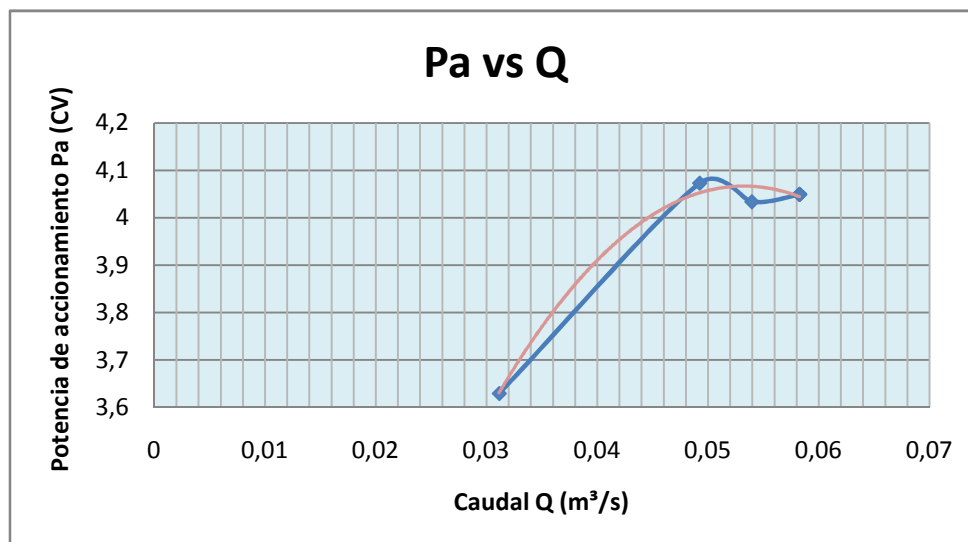
$$N_t = \frac{P_u}{P_a} \cdot 100 \quad (\%)$$

$$N_t = \frac{0.6282}{3.6289} \cdot 100 = 17.31 \quad (\%)$$

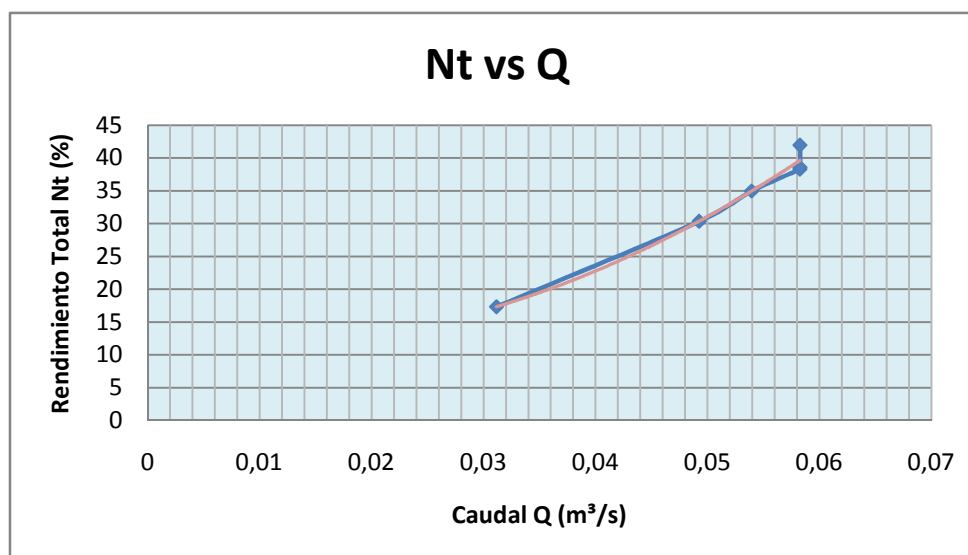
### Curvas características



**Figura 7.7:** Gráfica altura neta vs caudal



**Figura7.8:** Gráfica potencia de accionamiento vs caudal









**Figura7.9:** Gráfica rendimiento total vs caudal



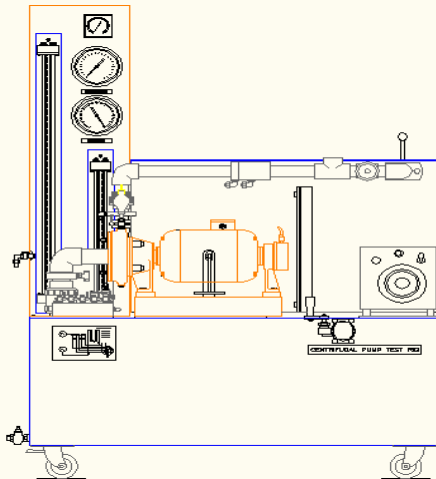
## 7.4 Bomba Centrífuga

### 7.4.1 Calibración de los equipos y guía de laboratorio

	LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA	
	CALIBRACIÓN	
Equipo: <b>BOMBA CENTRIFUGA</b>		
Calibración según la norma: N/A		
Metodo de Calibración Utilizado: N/A		
Gráfica: 		
Instrumento: <b>Regulador de velocidad</b>		
Calibración según la norma: N/A		Método de Calibración Utilizado: N/A
Gráfica: 		
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"><li>• Verificar que este en buen estado las conexiones para su uso</li></ul>		

	LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA	
	CALIBRACIÓN	
Instrumento: <b>Manómetro</b>		
Calibración según la norma: NTC 1420, NTC 2263		Método de Calibración Utilizado: Calibrador de manómetro de peso muerto .
Gráfica: 		
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"><li>• Colocar de manera adecuada para obtener una mejor precisión en la lectura.</li><li>• No fije nunca un manómetro sujetándolo de la caja; provocaría la rotura del mismo.</li><li>• Para atornillar el aparato, se debe utilizar la fuerza mediante el uso de herramientas adecuadas sobre las superficies planas de ajuste –previstas para este fin-. Nunca sobre la caja.</li></ul>		
Instrumento: <b>Vacuómetro</b>		
Calibración según la norma: NTC 1420, NTC 2263		Método de Calibración Utilizado: Calibrador de manómetro de peso muerto utilizando una bomba de vacío
Gráfica: 		
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"><li>• Colocar de manera adecuada para obtener una mejor precisión en la lectura.</li><li>• No fije nunca un vacuómetro sujetándolo de la caja; provocaría la rotura del mismo.</li><li>• Para atornillar el aparato, se debe utilizar la fuerza mediante el uso de herramientas adecuadas sobre las superficies planas de ajuste –previstas para este fin-. Nunca sobre la caja.</li></ul>		

	LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA	
	CALIBRACIÓN	
Instrumento: <b>Tacómetro</b>		
Calibración según la norma: N/A		Método de Calibración Utilizado: Calibración de medidores de frecuencia..
Gráfica: 		
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"><li>• Colocar de manera adecuada para obtener una mejor precisión en la lectura.</li><li>• No fije nunca un tacómetro sujetándolo de la caja; provocaría la rotura del mismo.</li><li>• Para atornillar el aparato, se debe utilizar la fuerza mediante el uso de herramientas adecuadas sobre las superficies planas de ajuste –previstas para este fin-. Nunca sobre la caja.</li></ul>		
Instrumento: <b>Pesas</b>		
Calibración según la norma: NOM-038-SCFI-2000		Método de Calibración Utilizado: Incertidumbre en la calibración de pesas por el método ABBA
Gráfica: 		
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"><li>• Verificar que este en buen estado para su uso</li></ul>		

	LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA	
	GUÍA DE LABORATORIO	Páginas: 1 de 5
A. DESCRIPCIÓN GENERAL		
Institución	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	
Área:	Energía	
BOMBA CENTRIFUGA		
<div>1. Objetivo:</div> <div><div></div><div>Determinar las curvas características de una bomba centrífuga</div></div> <div>2. Equipo:</div> <div><div></div><div>Banco de prueba de la Bomba Centrífuga.</div></div> <div>3. Esquema del equipo</div>		
		
<div>4. Fórmulas a utilizar:</div> <div>4.1 Cabeza diferencial de la bomba (<math>H_m</math>)</div> <div>Para tomar en cuenta este tipo de parámetro, observamos la diferencia de presiones en el manómetro de mercurio, cuyas unidades son (mm Hg).</div> <div>Se debe notar que las tuberías de succión y descarga son de diferente diámetro generando así una cabeza de velocidad no despreciable</div> <div>Si consideramos la succión y descarga como fronteras de un volumen control tendremos:</div> <div><math display="block">\frac{P_s}{\gamma} + \frac{V_s}{2 \cdot g} + Z_s + H_m = \frac{P_d}{\gamma} + \frac{V_d}{2 \cdot g} + Z_d \quad (1)</math><math display="block">H_d = \frac{P_d}{\gamma} \quad (mca)</math><math display="block">H_s = \frac{P_s}{\gamma} \quad (mca)</math></div>		





## LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA

### GUÍA DE LABORATORIO

Páginas: 2 de 5

$$Z_d - Z_s \quad (\text{muy pequeño segun equipo})$$

$$Z_d - Z_s = 0$$

Mediante las relaciones

$$\Delta H = H_d - H_s \quad (\text{diferencia de presiones}) \quad (2)$$

$$V_d^2 = V_s^2 \cdot \left(\frac{D_s}{D_d}\right)^4 \quad (\text{ecuacion de continuidad}) \quad (3)$$

Donde:

$D_s$  = diametro de succion

$D_d$  = diametro de descarga

Y sabiendo que

$$V_s^2 = \left(\frac{Q}{A_s}\right)^2 \quad (4)$$

Remplazando (2) y (3) en (1)

$$H_m = \Delta H + \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot A_s^2} \left[ \frac{D_s^4}{D_d^4} - 1 \right]$$

Pero

$$B = \frac{1}{2 \cdot g \cdot A_s^2} \left[ \frac{D_s^4}{D_d^4} - 1 \right] \quad y \quad D_s = 2 \quad y \quad D_d = 1.5 \quad (5)$$

$$B = 26826.4415$$

Sustituyendo obtenemos:

$$H_m = \Delta H + B \cdot Q^2 \quad (6)$$

Donde:

$B$  = cte. (depende de los diámetros)

$H_d$  = altura en el manómetro diferencial de mercurio producida en la descarga

$H_s$  = altura en el manómetro diferencial de mercurio producida en la succión

$V_d$  = velocidad en la descarga

$V_s$  = velocidad en la succión

$g$  = gravedad


$H_m$  = altura generada o cabeza manométrica de la bomba

#### 4.2 Descarga de la bomba

Se lo realiza por medio del tanque de medida volumétrica

La descarga se dirige al tanque por un tiempo y se lleva la elevación del nivel de agua en litros directamente. De esta manera:

$$Q = \frac{V}{t} \quad \left(\frac{m^3}{s}\right) \quad (7)$$

	LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA	
	GUÍA DE LABORATORIO	Páginas: 3 de 5
<p>Donde  <math>Q</math> = flujo o caudal  <math>V</math> = volumen en litros  <math>t</math> = tiempo en segundos</p> <p><b>4.3 Potencia hidráulica o potencia útil (<math>P_u</math>)</b></p> <p>Esta potencia se obtiene al multiplicar la cabeza de la maquina por el flujo</p> $P_u = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_m}{75} \quad (CV) \quad (8)$ <p>Donde</p> <p><math>\gamma</math> = peso especifico <math>\left( \frac{Kg}{m^3} \right)</math></p> <p><math>Q</math> = caudal <math>\left( \frac{m^3}{s} \right)</math></p> <p><math>H_m</math> = cabeza manométrica <math>(mca)</math></p> <p><b>4.4 Potencia de accionamiento (<math>P_a</math>)</b></p> <p>Es la potencia generada por el dinamómetro, es la potencia que da el motor</p> $P_a = T \cdot N$ $P_a = W \cdot d \cdot N$ $P_a = 0.001396 \cdot W \cdot d \cdot N \quad (CV) \quad (9)$ <p>Donde</p> <p><math>W</math> = pesos aplicados a la balanza del motor <math>(Kg)</math></p> <p><math>d</math> = distancia de los pesos al eje del motor <math>(d = 0.204 \text{ m, verificado en el equipo})</math></p> <p><math>N</math> = número de revoluciones <math>(rpm)</math></p> <p><b>4.5 Rendimiento total de la bomba (<math>N_t</math>)</b></p> $N_t = \frac{P_u}{P_a} \cdot 100 \quad (\%) \quad (10)$ <p><b>4.6 Calibración del venturi</b></p> <p>Se procederá a calibrar el venturímetro, realizando las medidas volumétricas en un respectivo tiempo. Además se deberán tomar las diferencias de alturas en el manómetro instalado mediante la siguiente fórmula.</p>		



## LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA

### GUÍA DE LABORATORIO

Páginas: 4 de 5

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{C_v \cdot A_2}{\left( \sqrt{1 - \left( \frac{A_2}{A_1} \right)^2} \right)} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_m} \quad (11)$$

Donde

$H_m = |H_1 - H_2|$  (diferencia de alturas en el manómetro)

$C_v$  = coeficiente de velocidad que oscila de 0.985 para venturis nuevos y 0.98 para los que hayan estado en servicio

$A_1$  = área en la sección de ensanchamiento

$A_2$  = área en la sección de estrechamiento

#### 5. Equipo complementario

- Pesas para la balanza
- Cronometro

#### 6. Operación del equipo

La utilización del equipo es fácil y simple, de uso directo y puede desarrollarse en forma completa los procedimientos de pruebas normales

#### 7. Procedimiento

- Conectar la fuente de suministro eléctrico
- Cerrar completamente la válvula de descarga para asegurar que se posibilite el cebado de la bomba
- Insertar el bulbo succionador y cebar la bomba
- Realizar balance estático del motor
- Encender la bomba y calibrar a la velocidad deseada pero dentro del rango admisible (0-3000 rpm numeral)
- Abrir la válvula de descarga totalmente
- Realizar el balance dinámico (poner pesas)
- Tomar lectura para elaboración de cuadros y funcionamiento por medio de la variación de la valvula de descarga, totalmente abierta a totalmente cerrada
- Realizar el mismo trabajo del anterior numeral variando el numero de revoluciones (rpm)

#### 8. Datos técnicos del equipo:

##### BOMBA

Tipo de bomba:	impulsor centrifugo abierto
Diámetro exterior del impulsor:	127 mm estándar
Numero de alabes:	6
Tipo de alabes:	curvados hacia atrás



## LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA

### GUÍA DE LABORATORIO

Páginas: 5 de 5

Radio de brazo de torque: 204 mm  
 Rango de velocidad: 0-3000 rpm  
 Capacidad el tanque volumétrico: 140 litros  
 Motor eléctrico: velocidad variable  
 Puente eléctrico: 220 voltios, 60Hz

#### Venturimetro

Diámetro nominal= 1.5"  
 Diámetro de garganta=1.28"

#### 9. Tabla para lectura y cálculos

APERT.VALVULAS		MANOMETRO DIFERENCIAL			VENTURI			TANQUE VOLUMETRICO			Caudal	PESO	POTENCIAS	REND.
SUCCION	DESCARGA	Hs	Hd	Hm	H1	H2	HM	Vol	Vol	T	Q	N	W	Pa
		mm.Hg	mm. Hg	m. c. a	mm.Hg	mm.Hg	m. c. a	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	s	m <sup>3</sup> /s	rpm	Kg	CV

#### 10. Cálculo tipo

Se debe indicar un cálculo aproximado de los valores requeridos para graficar las curvas características

#### 11. Curvas características

Realizar los siguientes gráficos:

- Hm vs Q
- Pa vs Q
- Nt vs Q

#### 12. Conclusiones

#### 13. Recomendaciones

REVISÓ:

APROBÓ:

CARGO:

CARGO:

### 7.4.2 Pruebas y análisis de resultados (Ejemplo)

**Tabla 7.4** Tabla de resultados de la Bomba Centrífuga

APERT.VALVULAS		MANOMETRO DIFERENCIAL			VENTURI			TANQUE VOLUMETRICO			caudal	PESO	POTENCIAS		REND.	
SUCCION	DESCARGA	Hs	Hd	Hm	H1	H2	HM	z	Vol	T	Q	N	W	Pu	Pa	Nt
		mm.Hg	mm. Hg	m.c.a	mm.Hg	mm.Hg	m.c.a	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	s	m <sup>3</sup> /s	rpm	Kg	CV	CV	%
<b>T.A</b>	T.A	432	227	3.3801145	80	142	1.010848	0.0001	0.01	2.13	0.00469484	1540	0.9	0.21158776	0.39471062	53.6057935
<b>T.A</b>	-2	436	224	3.27485331	82	140	0.945632	0.0001	0.01	2.62	0.00381679	1540	0.9	0.1666592	0.39471062	42.2231355
<b>T.A</b>	-4	442	218	3.37072434	85	138	0.864112	0.0001	0.01	2.88	0.00347222	1540	0.875	0.15605205	0.38374644	40.6654073
<b>T.A</b>	-6	455	204	3.67173711	92	132	0.65216	0.0001	0.01	3.23	0.00309598	1540	0.875	0.1515681	0.38374644	39.4969385
<b>T.A</b>	-8	484	175	4.32559598	105	120	0.24456	0.0001	0.01	4.69	0.0021322	1540	0.75	0.12297359	0.32892552	37.3864542
<b>T.A</b>	T.C	537	122	5.64566	114	114	0	0	0		0	1540	0.5	0	0.21928368	0

### Cálculo tipo

Datos

$$D_s = 2 \text{ " } = 0.0508 \text{ m}$$

$$V = 0.01 \text{ m}^3$$

$$D_d = 1.5 \text{ " } = 0.0381 \text{ m}$$

$$T = 2.13 \text{ seg}$$

$$H_s = 432 \text{ mm Hg}$$

$$W = 0.9 \text{ Kg}$$

$$H_d = 227 \text{ mm Hg}$$

$$N = 1540 \text{ rpm}$$

$$H_1 = 80 \text{ mm Hg}$$

$$d. = 0.024 \text{ m (verificado en el equipo)}$$

$$H_2 = 142 \text{ mm Hg}$$

- **Diferencia de alturas en el manómetro**

$$\Delta H = |H_d - H_s| = |227 - 432| = 204 \text{ mm Hg} * \frac{0.013604 \text{ m.c.a}}{1 \text{ mm Hg}} = 2.78882 \text{ m. c. a}$$

- **Altura generada o cabeza manométrica de la bomba**

$$H_m = \Delta H + B \cdot Q^2 = 2.78882 + 26826.44 * (0.00469484)^2 = 3.3801145 \text{ m. c. a}$$

- **Potencia útil**

$$P_u = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_m}{75} = \frac{1000 * 0.000469484 * 3.3801145}{75} = 0.21158776 \text{ CV}$$

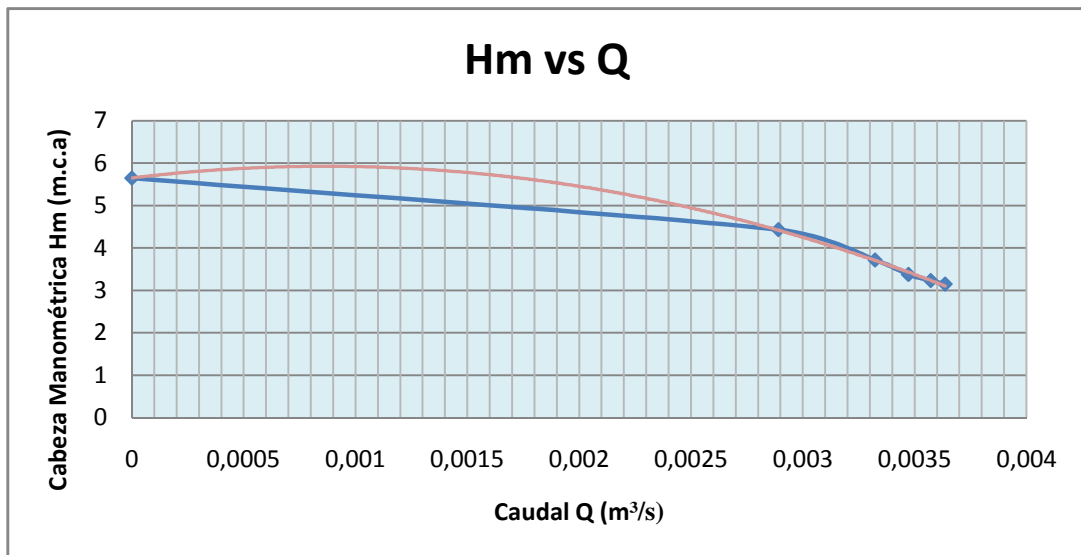
- **Potencia de accionamiento**

$$P_a = 0.001396 \cdot W \cdot d \cdot N = 0.001396 * 0.9 * 0.204 * 1540 = 0.39471062 \text{ CV}$$

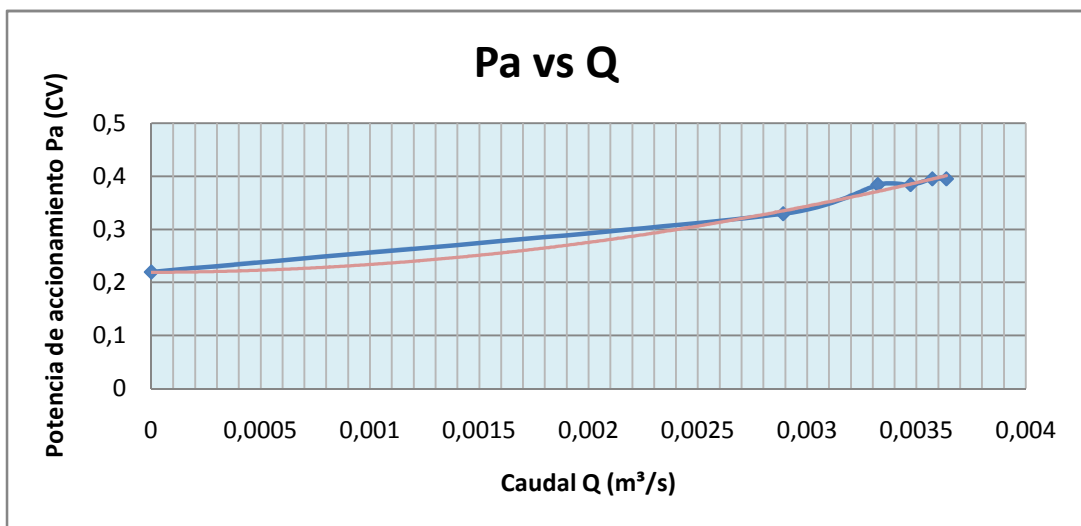
- **Rendimiento total de la bomba**

$$N_t = \frac{P_u}{P_a} \cdot 100 = \frac{0.21158776}{0.39471062} \cdot 100 (\%) = 53.6057935\%$$

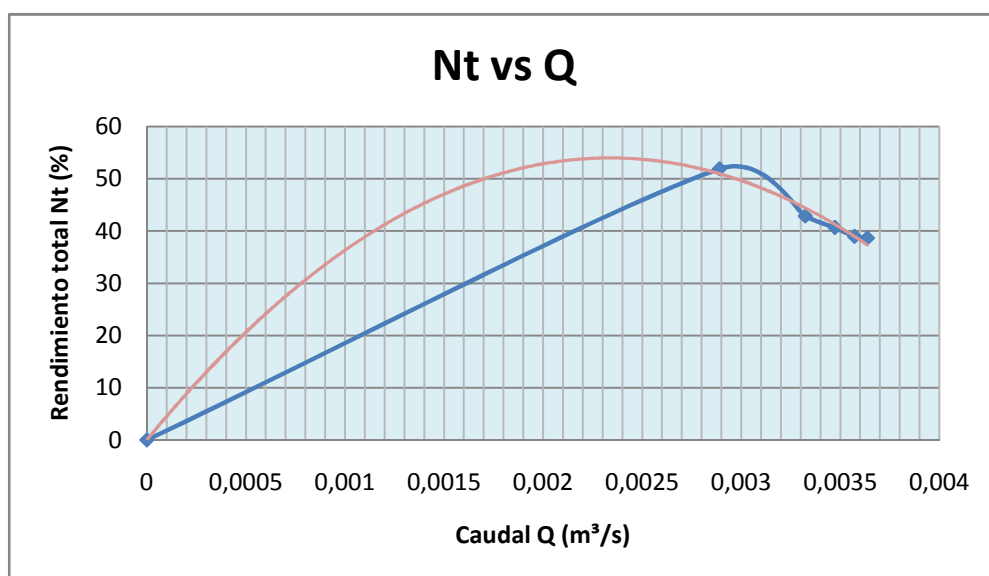
### Curvas características



**Figura7.10:** Gráfica cabeza manométrica vs caudal



**Figura7.11:** Gráfica potencia vs caudal






**Figura7.12:** Gráfica rendimiento total vs caudal

## 7.5 Bomba Reciprocante

### 7.5.1 Calibración de los equipos y guía de laboratorio

	LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA	
	CALIBRACIÓN	
Equipo: <b>BOMBA RECIPROCANTE</b>		
Calibración según la norma: N/A		
Método de Calibración Utilizado: N/A		
Gráfica: 		
Instrumento: <b>Manómetro</b>		
Calibración según la norma: NTC 1420, NTC 2263		Método de Calibración Utilizado: Calibrador de manómetro de peso muerto.
Gráfica: 		
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"><li>• Colocar de manera adecuada para obtener una mejor precisión en la lectura.</li><li>• No fije nunca un manómetro sujetándolo de la caja; provocaría la rotura del mismo.</li><li>• Para atornillar el aparato, se debe utilizar la fuerza mediante el uso de herramientas adecuadas sobre las superficies planas de ajuste –previstas para este fin-. Nunca sobre la caja.</li></ul>		



	LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA	
	CALIBRACIÓN	
Instrumento: <b>Vacuometro</b>		
Calibración según la norma: NTC 1420, NTC 2263		Método de Calibración Utilizado: Calibrador de manómetro de peso muerto utilizando una bomba de vacío
Gráfica: <div></div>		
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"><li>• Colocarlo de manera adecuada para obtener una mejor precisión en la lectura.</li><li>• No fije nunca un manómetro sujetándolo de la caja; provocaría la rotura del mismo.</li><li>• Para atornillar el aparato, se debe utilizar la fuerza mediante el uso de herramientas adecuadas sobre las superficies planas de ajuste –previstas para este fin-. Nunca sobre la caja.</li></ul>		
Instrumento: <b>Lámpara Electroscopia</b>		
Calibración según la norma:		Método de Calibración Utilizado: N/A
Gráfica: <div></div>		
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"><li>• Colocarlo de manera adecuada para poder mantener una velocidad constante en el motor</li></ul>		

	<b>LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA</b>	
	<b>CALIBRACIÓN</b>	
Instrumento: <b>Pesas</b>		
Calibración según la norma: NOM-038-SCFI-2000		Método de Calibración Utilizado: Incertidumbre en la calibración de pesas por el método ABBA
Gráfica: <div style="text-align: center;">  </div>		
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar que este en buen estado para su uso</li> </ul>		
Instrumento: <b>Regla de Medición</b>		
Calibración según la norma: NTE INEN 1206:2000		Método de Calibración Utilizado: Calibración de cintas
Gráfica: <div style="text-align: center;">  </div>		
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar que este en buen estado para su uso</li> </ul>		



## LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA

### GUÍA DE LABORATORIO

Páginas: 1 de 5

#### A. DESCRIPCIÓN GENERAL

Institución

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO

Área:

Energía

#### BOMBA RECIPROCANTE

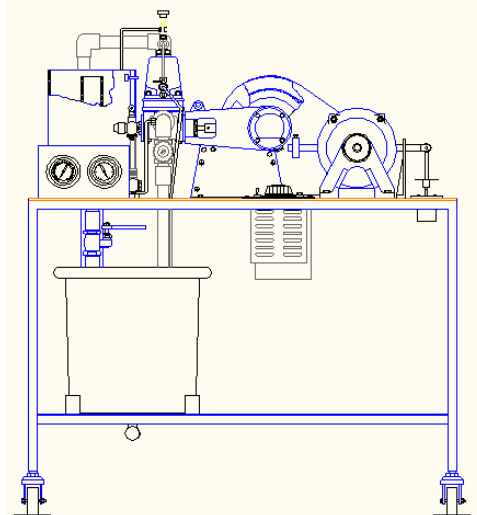
##### 1. Objetivo:

- Conocer el funcionamiento de una bomba reciprocante
- Determinar las curvas características de este tipo de bomba

##### 2. Equipo:

- Banco de prueba de la Bomba Reciprocante.

##### 3. Esquema del equipo



##### 4. Fórmulas a utilizar:

###### 4.1 Cabeza manométrica de la bomba ( $H_m$ )

$$\frac{P_s}{\gamma} + \frac{V_s}{2 \cdot g} + Z_s + H_m = \frac{P_d}{\gamma} + \frac{V_d}{2 \cdot g} + Z_d \quad (1)$$

$$H_d = \frac{P_d}{\gamma} \quad (mca)$$

$$H_s = \frac{P_s}{\gamma} \quad (mca)$$

Mediante las relaciones

$$\Delta H = H_d - H_s \quad (\text{diferencia de presiones}) \quad (2)$$



## LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA

### GUÍA DE LABORATORIO

Páginas: 2 de 5

Despejando  $H_m$  tenemos

$$H_m = \Delta H + \frac{V_d^2 - V_s^2}{2 \cdot g} + Z_d - Z_s \quad (3)$$

$$A_d \cdot V_d = A_s \cdot V_s \quad (\text{ecuación de continuidad}) \quad (4)$$

$$\frac{D_d^2}{4} \cdot V_d = \frac{D_s^2}{4} \cdot V_s$$

Donde:

$D_s$  = diametro de succion

$D_d$  = diametro de descarga

Pero  $D_d = D_s$  datos técnicos del equipo

Por lo que  $V_d = V_s$

Y tendremos que

$$\frac{V_d^2 - V_s^2}{2 \cdot g} = 0$$

Según el equipo vemos

$$\frac{Z_d - Z_s}{Z_d - Z_s} = 0$$

De donde

$$H_m = \Delta H \quad (\text{mca}) \quad (5)$$

$H_m$  = altura generada o cabeza manométrica de la bomba

#### 4.2 Caudal real ( $Q_r$ )

$$Q_r = \frac{V}{t} = \frac{(D_e^2 - D_i^2) \cdot h}{t} \quad \left( \frac{m^3}{s} \right) \quad (6)$$

Donde

$D_e$  = diámetro interior de la tubería  $D_e = 230.185 \text{ mm}$

$D_i$  = diámetro interior de la tubería  $D_i = 60.325 \text{ mm}$

$h$  = altura obtenida en la escala de la figura

#### 4.3 Caudal teórico ( $Q_t$ )

$$Q_t = V_t \cdot W_p \quad (7)$$

Donde

$V_t$  = volumen teórico

$W_p$  = velocidad angular de la bomba  $\left( \frac{rad}{s} \right)$



## LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA

### GUÍA DE LABORATORIO

Páginas: 3 de 5

$D_p$  = diámetro del pistón

$D_{eje}$  = diámetro del eje del pistón

$S$  = carrera

Pero

$$V_t = S \cdot \frac{\pi}{4} [D_p^2 + (D_p^2 - D_s^2)]$$

$$V_t = S \cdot \frac{\pi}{2} \cdot D_p^2 \left( 1 - 0.5 \cdot \frac{D_p^2}{D_s^2} \right) \quad (8)$$

Remplazando (8) en (9) obtenemos

$$Q_t = S \cdot \frac{\pi}{2} \cdot W_p \cdot D_p^2 \left( 1 - 0.5 \cdot \frac{D_p^2}{D_s^2} \right) \quad \left( \frac{m^3}{s} \right) \quad (9)$$

#### 4.4 Eficiencia volumétrica ( $N_v$ )

Se define como la razón entre el caudal real y el caudal teórico

$$N_v = \frac{Q_r}{Q_t} \cdot 100 \quad (\%) \quad (10)$$

#### 4.5 Potencia hidráulica o potencia útil ( $P_u$ )

$$P_u = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_m}{75} \quad (CV) \quad (11)$$

Donde

$\gamma$  = peso específico (kg/m<sup>3</sup>)

$Q$  = caudal (m<sup>3</sup>/s)

$H_m$  = cabeza manométrica (mca)

#### 4.6 Potencia de accionamiento

Es la potencia generada por el dinamómetro, es la potencia que da el motor

$$P_a = T \cdot N$$

$$P_a = W \cdot d \cdot N$$

$$P_a = 0.001396 \cdot W \cdot d \cdot N \quad (CV) \quad (12)$$

Donde

$W$  = pesos aplicados a la balanza del motor (Kg)

$d$  = distancia de los pesos al eje del motor ( $d = 0.20 \text{ m}$ )

$N$  = número de revoluciones (rpm)

#### 4.7 Rendimiento total de la bomba

$$N_t = \frac{P_u}{P_a} \cdot 100 \quad (\%) \quad (13)$$



## LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA

### GUÍA DE LABORATORIO

Páginas: 4 de 5

#### 4.8 Velocidad de la bomba

$$W_p = n^{-1} \cdot W_m \quad (rpm) \quad (14)$$

Donde

$n = 5.14$  relación de la reducción de la carrera conductora

$W_m = \text{rpm del motor}$

#### 5. Equipo complementario

- Pesas para la balanza
- Cronometro
- Cuenta revoluciones (tacómetro)

#### 6. Operación del equipo

La utilización del equipo es fácil y simple, de uso directo y puede desarrollarse en forma completa los procedimientos de pruebas normales.

#### 7. Procedimiento

- a) Conectar la fuente de suministro eléctrico
- b) Balancear estáticamente el motor
- c) Conectar el switch encendido (posición STAR)
- d) Mantener abierta válvula de descarga y succión
- e) Mover en sentido de las agujas del reloj el excitador de campo (controlador de velocidad) que regula las rpm
- f) Balancear dinámicamente el motor
- g) Cerrar paulatinamente la válvula de succión hasta la posición cerrada, tomar datos de presión, altura, tiempo y peso para cada estrangulamiento.
- h) Abrir completamente la válvula de succión y cerrar paulatinamente la de descarga hasta su posición cerrada completamente
- i) Variar la velocidad del motor y hacer lo mismo nuevamente.

#### 8. Datos técnicos del equipo:

##### BOMBA

Tipo:	doble acción
Carrera:	1.625 in (41.3 mm)
Diámetro del cilindro:	1.75 in (44.5 mm)
Diámetro del eje del pistón:	11.1 mm
Velocidad máxima:	240 rpm



## LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA

### GUÍA DE LABORATORIO

Páginas: 5 de 5

Cabeza máxima: 53.4 m  
 Caudal máximo: 22.8 lt/s  
 Diámetro en la succión y descarga: 1 in (25.4 mm)

### MOTOR

Tipo: velocidad variable SHUNT  
 Rango de velocidad: 0-1400 rpm  
 Potencia: 0.75 Hp  
 Longitud del brazo porta pesas 200 mm  
 Relación de transmisión 5.14

### 9. Tabla para lectura y cálculos

APERT. VALVULAS		MANOMETRO DIFERENCIAL			TANQUE		MOTOR	BOMBA	C.REAL	C.TEORICO	PESO	EFIC.VOLUM	POTENCIAS		REND.
Succión	Descarga	Pd	Ps	Hm	v	t	Wm	Wb	Qr	Qt	W	Nv	Pu	Pa	Nt
		bar	bar	m.c.a	m³	s	rpm	rpm	m³/s	m³/s	Kg	%	CV	CV	%

### 10. Cálculo tipo

Se debe indicar un cálculo aproximado de los valores requeridos para graficar las curvas características

### 11. Curvas características

Realizar los siguientes gráficos:

- Hm vs Q
- Pa vs Hm
- Nt vs Hm

### 12. Conclusiones

### 13. Recomendaciones

REVISÓ:

APROBÓ:

CARGO:

CARGO:

### 7.5.2 Pruebas y análisis de resultados (Ejemplo)

**Tabla 7.5** Tabla de resultados de la Bomba Reciprocante

APERT. VALVULAS		MANOMETRO DIFERENCIAL			TANQUE		MOTOR	BOMBA	C.REAL	C.TEORICO	PESO	EFIC.VOLUM	POTENCIAS		REND.
Succión	Descarga	Pd	Ps	Hm	v	t	Wm	Wb	Qr	Qt	W	Nv	Pu	Pa	Nt
		bar	bar	m.c.a	m <sup>3</sup>	s	rpm	rpm	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	Kg	%	CV	CV	%
T.A	T.A	0	0.04	0.40828	0.00012447	7.09	600	116.731518	2.7331354260E-04	0.00152154	0.35	17.9629984	0.00148785	0.058632	2.5376007
T.A	-2	0	0.04	0.40828	0.00012447	7.09	600	116.731518	2.7331354260E-04	0.00152154	0.35	17.9629984	0.00148785	0.058632	2.5376007
T.A	-3	0	0.04	0.40828	0.00012447	7.32	600	116.731518	2.6472582200E-04	0.00152154	0.345	17.3985873	0.0014411	0.0577944	2.49348861
T.A	-4	0	0.04	0.40828	0.00012447	7.26	600	116.731518	2.6691363871E-04	0.00152154	0.345	17.5423772	0.00145301	0.0577944	2.51409595
T.A	-5	0	0.04	0.40828	0.00012447	7.35	600	116.731518	2.6364530844E-04	0.00152154	0.345	17.3275726	0.00143521	0.0577944	2.48331111
T.A	-6.25	1.8	0.035	18.015355	0.00012447	8.35	600	116.731518	2.3207102001E-04	0.00152154	0.65	15.2524142	0.05574456	0.108888	51.1943993



### Cálculo tipo

El cálculo tipo se lo hizo con 600 rpm del motor, la válvula de succión totalmente abierta y la válvula de descarga -6.25 vueltas.

Datos

$$D_s = 1 \text{ " } = 0.0254 \text{ m}$$

$$D_p = 1.75 \text{ " } = 0.0445 \text{ m}$$

$$D_d = 1 \text{ " } = 0.0254 \text{ m}$$

$$D_e = 7/16 \text{ " } = 0.0111 \text{ m}$$

$$P_s = 0.035 \text{ bar}$$

$$S = 1.625 \text{ " } = 0.0413 \text{ m}$$

$$P_d = 1.8 \text{ bar}$$

$$W = 0.650 \text{ Kg}$$

$$T = 8.35 \text{ seg}$$

$$W_m = 600 \text{ rpm}$$

$$D_i = 0.060325 \text{ m}$$

$$d = 0.20 \text{ m}$$

$$D_t = 0.230187 \text{ m}$$

$$n = 5.14$$

- **Diferencial de presiones**

$$\Delta H = |P_d - P_s| = \left| 1.8 - (-0.035) \right| = 1.835 \text{ bar} \times \frac{10.207 \text{ m.c.a}}{1 \text{ bar}} = 18.7298 \text{ m.c.a}$$

- **Altura generada o cabeza manométrica de la bomba**

$$H_m = \Delta H = 18.7298 \text{ m.c.a}$$

- **Caudal real**

$$Q_r = \frac{V}{t} = \frac{A \times h}{t} = \frac{\frac{\pi \times (D_t^2 - D_i^2)}{4} \times h}{t} = \frac{\frac{\pi \times (0.230187^2 - 0.060325^2)}{4} \times 0.050}{8.35}$$

$$Q_r = 2.3208 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

- **Caudal teórico**

$$W_p = n^{-1} \times W_m = 5.14^{-1} \times 600 = 116.73 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} = 12.224 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$Q_t = V_t \times W_p = \left( S \times \frac{\pi}{2} \times D_p^2 \times \left( 1 - 0.5 \times \left( \frac{D_e}{D_p} \right)^2 \right) \right) \times W_p$$

$$Q_t = \left( 0.0413 \times \frac{\pi}{2} \times 0.0445^2 \times \left( 1 - 0.5 \times \left( \frac{0.0111}{0.0445} \right)^2 \right) \right) \times 12.224 = 1.52 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

- **Eficiencia volumétrica**

$$N_v = \frac{Q_r}{Q_t} \cdot 100 = \frac{2.3208 \times 10^{-4}}{1.52 \times 10^{-3}} \cdot 100 (\%) = 15.253 \%$$

- **Potencia útil**

$$P_u = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_m}{75} = \frac{1000 \times 2.3208 \times 10^{-4} \times 18.7298}{75} = 0.05796 \quad (CV)$$

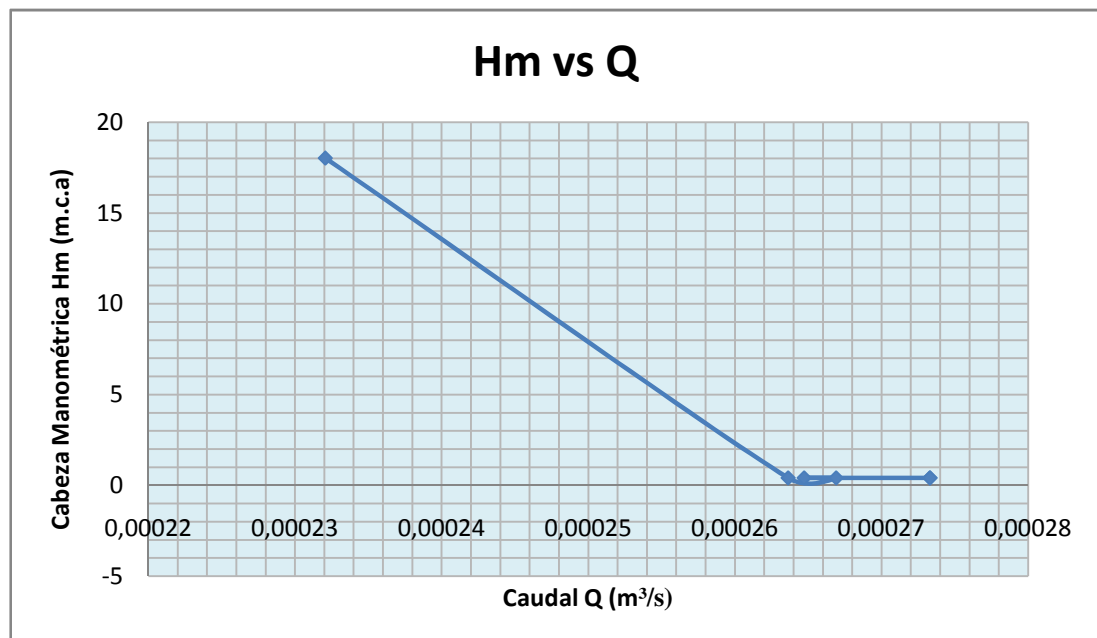
- **Potencia de accionamiento**

$$P_a = 0.001396 \cdot W \cdot d \cdot N = 0.001396 \times 0.65 \times 0.20 \times 600 = 0.10889 \quad (CV)$$

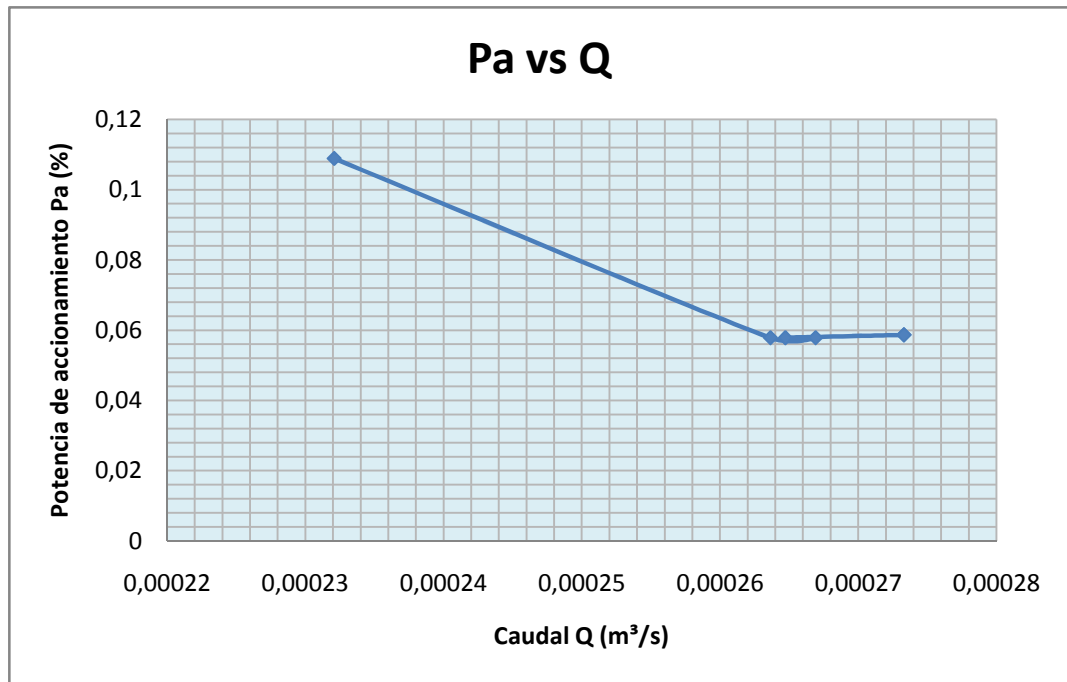
- **Rendimiento total de la bomba**

$$N_t = \frac{P_u}{P_a} \cdot 100 = \frac{0.05796}{0.10889} \times 100\% = 53.23 \quad (\%)$$

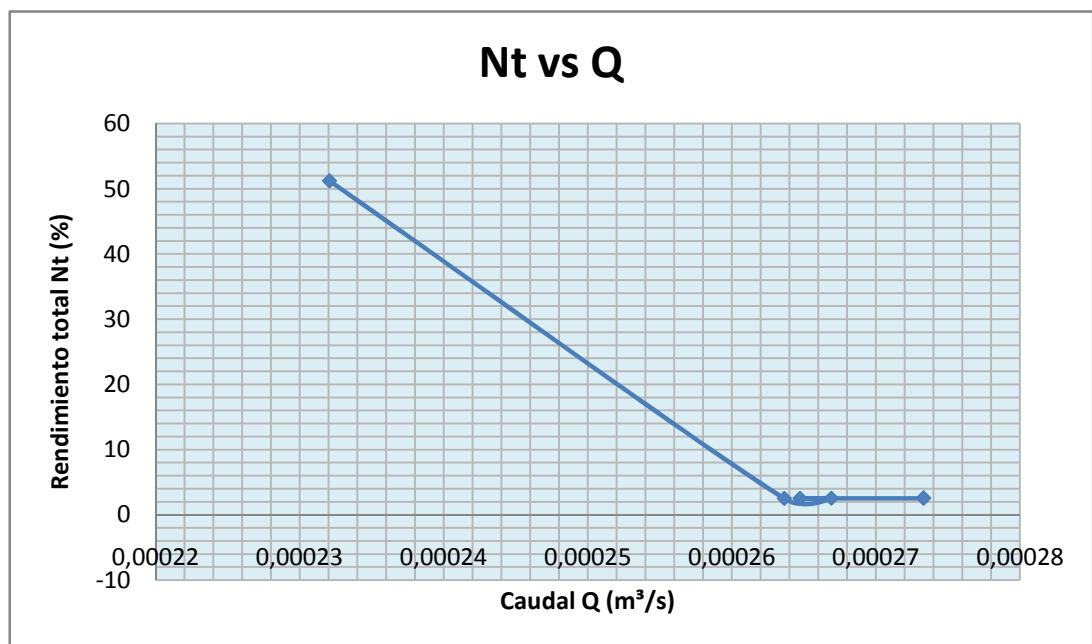
### Curvas características



**Figura7.13:** Cabeza manométrica vs caudal



**Figura7.14:** Gráfica potencia de accionamiento vs caudal







**Figura7.15:** Gráfica rendimiento total vs caudal

## 7.6 Chimenea de Equilibrio

### 7.6.1 Calibración de los equipos y guía de laboratorio

	LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA	
	CALIBRACIÓN	
Equipo: CHIMENEA DE EQUILIBRIO		
Calibración según la norma: N/A		
Método de Calibración Utilizado: N/A		
Gráfica: <div></div>		
Instrumento: Medidor de Flujo		
Calibración según la norma: N/A		Método de Calibración Utilizado: N/A
Gráfica: <div></div>		
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"><li>• Verificar que este en buen estado para su uso</li></ul>		

	LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA	
	CALIBRACIÓN	
Instrumento: <b>Calibrador Pie de rey</b>		
Calibración según la norma: NTE INEN 1822	Método de Calibración Utilizado: Procedimiento para la calibración de Calibradores con Vernier.	
Gráfica:		
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar que este en buen estado para su uso</li> </ul>		

	LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA		
	GUÍA DE LABORATORIO		Páginas: 1 de 6
A. DESCRIPCIÓN GENERAL			
Institución		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	
Área:		Energía	
CHIMENEA DE EQUILIBRIO			
<div>1. Objetivo:</div> <div><ul style="list-style-type: none"><li>• Conocer el funcionamiento de una chimenea de equilibrio</li><li>• Determinar las curvas características de este tipo equipo</li></ul></div> <div>2. Equipo:</div> <div><ul style="list-style-type: none"><li>• Banco de prueba de la chimenea de equilibrio.</li></ul></div> <div>3. Esquema del equipo</div>			
			
<div>4. Fórmulas a utilizar:</div> <div>4.1 Cálculo de la velocidad del fluido en la tubería</div> <div>Aplicando la ecuación de Bernoulli entre A y C (figura1), tomando como referencia el nivel N-N, se tiene:</div> <div><math display="block">\frac{p_A}{\gamma} + \frac{(v_A)^2}{2g} + Z_A = \frac{p_C}{\gamma} + \frac{(v_C)^2}{2g} + Z_C + h_r \quad (1)</math><div>Para este caso</div><div><div><math>p_A = 0</math><math>v_A = 0</math></div><div><math>p_C = 0</math><math>Z_C = 0</math></div></div></div>			



# LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA

## GUÍA DE LABORATORIO

Páginas: 2 de 6

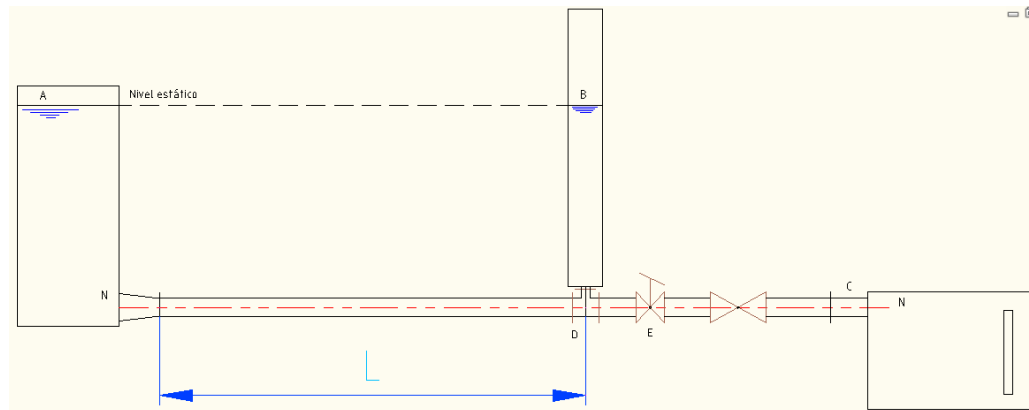


Figura 1. Esquema parcial de la chimenea

Entonces la ecuación (1) quedara reducida a:

$$Z_A = \frac{(v_C)^2}{2g} + h_r \quad (2)$$

Donde:

$v_C = v_0$  = velocidad del fluido en la tubería

$g$  = gravedad

$h_r$  = pérdidas de presión originadas por la circulación del fluido en la tubería

El valor  $h_r$  comprende pérdidas ocasionadas por entrada a la tubería, por rozamiento del fluido contra la tubería, por cambios de sección y pérdidas en accesorios tales como tees, válvulas, codos, otros.

Por tanto,  $h_r$  en forma de ecuación para este caso es:

$$h_r = k_o \cdot \frac{(v_o)^2}{2g} + k_{te} \cdot \frac{(v_o)^2}{2g} + k_{vc} \cdot \frac{(v_o)^2}{2g} + k_{vg} \cdot \frac{(v_o)^2}{2g} + hf_{A-E} + hf_{E-C} \quad (3)$$

Donde:

$k_o = 0,13$  Coeficiente de pérdidas por entrada a la tubería

$k_{te} = 0,9$  Coeficiente de pérdidas en el paso por la te

$k_{vc} = 0,17$  Coeficiente de pérdidas en el paso por la válvula de compuerta (completamente abierta)

$k_{vg} = 7,0$  Coeficiente de pérdidas en el paso por la válvula de globo

Los coeficientes de perdidas en accesorios se toman de tablas [9]



## LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA

### GUÍA DE LABORATORIO

Páginas: 3 de 6

Las pérdidas ocasionadas por fricción en la tubería se calcula aplicando la formula de manning. [10]

$$hf = 6,35 \cdot n^2 \cdot \frac{L(v_o)^2}{d^{4/3}} \quad (4)$$

Donde:

$L$ = longitud de la tubería considera (m)

$d$ = diámetro interior de la tubería (m)

$v_o$ = velocidad del fluido en la tubería (m/seg)

$n$ = coeficiente de fricción, su valor aumenta a medida que aumenta el grado de rugosidad del conducto

#### 4.2 Cálculo de las perdidas del liquido que va hacia la chimenea

Aplicando la ecuación de Bernoulli entre Ay D (figura1), tomando como referencia el nivel N-N, se tiene:

$$\frac{p_A}{\gamma} + \frac{(v_A)^2}{2g} + Z_A = \frac{p_D}{\gamma} + \frac{(v_D)^2}{2g} + Z_D + h_1 \quad (5)$$

Para este caso

$$p_A = 0$$

$$v_A = 0 \quad Z_D = 0$$

Entonces la ecuación (5) quedara reducida a:

$$Z_A - \frac{p_D}{\gamma} = \frac{(v_D)^2}{2g} + h_1 \quad (6)$$

Donde:

$v_D = v_o$ = velocidad del fluido en la tubería (m/seg)

$h_1$ = perdidas primarias y secundarias por la circulación del fluido hasta la chimenea

Por tanto  $h_1$  en forma de ecuación es:

$$h_1 = k_o \cdot \frac{(v_o)^2}{2g} + k_{te} \cdot \frac{(v_o)^2}{2g} + k_{exp} \cdot \frac{(v_o)^2}{2g} + hf_{A-D} \quad (7)$$

Donde los coeficientes que constan en la ecuación son los mismos usados anteriormente con excepción del coeficiente de expansión o ensanchamiento brusco: [11]

$$k_{exp} = \left[ 1 - \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2 \right]^2 \quad (8)$$





### 4.3 Cálculo de los niveles máximo y mínimo alcanzados en la chimenea

Cálculo del área de la galería de presión

$$A_G = \frac{\pi}{4} \cdot D_G^2 \quad (9)$$

Cálculo del área de la chimenea

$$A_{CH} = \frac{\pi}{4} \cdot D_{CH}^2 \quad (10)$$

Al cerrar súbitamente la válvula de esfera, el agua de la tubería entra a la chimenea, al principio con velocidad rápida, y luego cada vez con más lentitud. Por tanto, el área de trabajo del rozamiento será parabólica. Según la figura 2 tenemos:

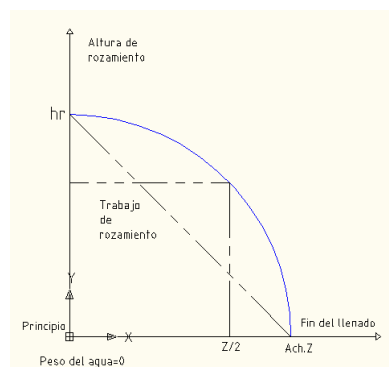


Figura 2. Área del trabajo del rozamiento de la chimenea

$$A_r = \frac{2}{3} W \cdot h_r = \gamma \frac{2}{3} \cdot A_{ch} \cdot Z \cdot h_r \quad (9)$$

La ecuación de trabajo es pues:


$$\gamma \cdot A_{ch} \cdot Z \left( \frac{Z}{2} - h_r \right) + \gamma \cdot \frac{2}{3} A_{ch} \cdot Z \cdot h_r = \gamma \cdot A_G \cdot \frac{L}{g} \cdot \frac{(v_o)^2}{2} \quad (10)$$

De donde:

$$Z_e = h_r \left( \frac{1}{3} + \sqrt{\frac{1}{9} + \frac{A_G}{A_{ch}} \cdot \frac{L}{g} \cdot \frac{(v_o)^2}{h_r^2}} \right) \quad (11)$$

Haciendo

$$c = \frac{A_G}{A_{ch}} \cdot \frac{L}{g} \cdot \frac{(v_o)^2}{h_r^2}$$

	LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA	
	GUIA DE LABORATORIO	Páginas: 5 de 6
<p>Tenemos</p> $Z_e = h_r \left( \frac{1}{3} + \sqrt{\frac{1}{9} + c} \right) \quad (12)$ <p>Donde:</p> <p><math>Z_e</math>= amplitud de variación medida hacia arriba  <math>L</math>= longitud de la galería  <math>A_G</math>= área de la galería de presión  <math>A_{ch}</math>= área de la chimenea  <math>h_r</math>= pérdidas originadas por la circulación del agua desde el embalse a la chimenea</p> <p><b>4.4 Cálculo de la presión del golpe de ariete</b></p> <p>La celeridad de la onda de presión se la obtiene de la ecuación siguiente:</p> $C = \frac{1,425}{\sqrt{1 + \frac{D \cdot E}{e \cdot E_t}}} \quad (13)$ <p>Donde:</p> <p><math>E</math>= módulo de elasticidad del agua (kg/cm<sup>2</sup>)  <math>E_t</math>= módulo de elasticidad de las paredes de la tubería (kg/cm<sup>2</sup>)  <math>e</math>= espesor de las paredes de la tubería (m)</p> <p>Aplicando la ecuación de sobre presión se obtiene el valor de la presión del golpe de ariete:</p> $\Delta p = \frac{\gamma \cdot C \cdot v_o}{g} \quad (14)$ <p><b>5. Operación del equipo</b></p> <p>La utilización del equipo es fácil y simple, de uso directo y puede desarrollarse en forma completa los procedimientos de pruebas normales.</p> <p><b>6. Procedimiento</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Conectar la fuente de suministro eléctrico</li> <li>Balancear estáticamente el motor</li> <li>Conectar el switch encendido (posición STAR)</li> <li>Mantener abierta válvula de descarga y succión</li> <li>Mover en sentido de las agujas del reloj el excitador de campo (controlador de velocidad) que regula las rpm</li> <li>Balancear dinámicamente el motor</li> </ol>		


**LABORATORIO DE TURBOMÁQUINARIA**
**GUÍA DE LABORATORIO**

Páginas: 6 de 6

**7. Datos técnicos del equipo:**
**MOTOR**

Serie: 1667  
 Type: PV52  
 Volt: 230/250  
 Amp: 2.2  
 Rpm: 5000

**8. Tabla para lectura y cálculos**

NIVEL MAXIMO	TIEMPO	NIVEL MINIMO	TIEMPO
(m)	(seg)	(m)	(seg)

**9. Cálculo tipo**

Se debe indicar un cálculo aproximado de los valores requeridos para graficar las curvas características

**10. Curvas características**

Realizar el gráfico de las oscilaciones del nivel de la chimenea

**11. Conclusiones**
**12. Recomendaciones**
**REVISÓ:**
**APROBÓ:**
**CARGO:**
**CARGO:**

## **7.7 Resultados**

### **7.7.1 Solicitud de acreditación ante la OAE (Organismo de Acreditación Ecuatoriano)**

La acreditación es un reconocimiento que entrega un organismo de acreditación autorizado a un laboratorio, se constituye, con base en prácticas internacionales, en la forma más efectiva de demostrar la competencia técnica del laboratorio y la actitud para realizar una o varias actividades propias del mismo, mostrando evidencias de la credibilidad de los servicios que realizan y eliminando la necesidad de múltiples evaluaciones realizadas por sus clientes.

El organismo que acredita, emite un certificado de aprobación solamente si el laboratorio ha demostrado a través de una evaluación formal, que es competente para realizar calibraciones específicas o ensayos.

El certificado de acreditación normalmente va acompañado de un documento complementario que indica las áreas de competencia para la que se extiende la aprobación.

#### **Proceso para la acreditación del laboratorio de acuerdo al Organismo de Acreditación Ecuatoriano OAE**

El proceso de acreditación consiste en una serie de actividades en las que interactúan el organismo acreditador y la entidad que desea obtener la acreditación. A continuación se presenta las actividades del proceso:

##### **1. Ingreso de la solicitud de acreditación**

La solicitud de acreditación debe ser firmada por el representante legal del laboratorio, quien es responsable de:

- Definir el alcance de acreditación
- Declarar tener conocimiento del proceso de acreditación del OAE, de los derechos y obligaciones de los laboratorios acreditados
- Solicitar oficialmente la acreditación

- Cumplir los requisitos de acreditación y demás obligaciones como laboratorio acreditado y en particular, a recibir y prestar colaboración al equipo evaluador, permitiendo cualquier comprobación razonable para verificar el cumplimiento de los requisitos de acreditación, hacerse cargo de los gastos que ocasione la evaluación y los que le correspondan como consecuencia de controles posteriores, así como a cumplir con los criterios de acreditación establecidos.

No se aceptará el ingreso de la solicitud de acreditación sin el comprobante de pago por concepto de Ingreso de Solicitud ni la documentación requerida, la misma que se considera indispensable para conocer las características del laboratorio. (Software de presentación OAE)

## **2. Revisión y aceptación de la solicitud**

Una vez ingresada la solicitud de acreditación el OAE revisará que la documentación suministrada esté completa, adecuada y conforme con el sector y campo solicitado en el alcance, y confirmará si tiene la competencia para atenderla. Así mismo se verificará que el alcance para el cual se solicita la acreditación esté claramente definido.

## **3. Evaluación inicial**

- Proforma por servicios

El OAE enviará al laboratorio solicitante, para su aceptación, la proforma de servicios estimada de los costos del proceso de acreditación de acuerdo a lo establecido en las tarifas vigentes y a la solicitud presentada.

- Designación del equipo evaluador

El OAE seleccionará al equipo evaluador del registro de sus evaluadores calificados, considerando la competencia técnica requerida así como la inexistencia de conflictos de interés.

- Evaluación documental

El equipo evaluador designado realizará la evaluación documental por una sola vez, con la finalidad de determinar la adecuación de los procedimientos técnicos al alcance de acreditación solicitado. Se emitirá un Informe de Evaluación Documental.

- Evaluación en el sitio o in situ

El objetivo de la evaluación in situ es verificar la adecuada implementación de un sistema de gestión acorde con los requisitos normativos aplicables, así como la disponibilidad de la adecuada competencia técnica. Se realiza en las instalaciones del laboratorio.

#### **4. Acciones correctivas del laboratorio**

El laboratorio deberá presentar las acciones correctivas, y evidencias de su implementación, para las no conformidades detectadas en un plazo no mayor a 180 días calendario, contados a partir de la notificación del Informe de Evaluación. Vencido este plazo, se continuará con la siguiente etapa.

#### **5. Toma de decisión de acreditación**

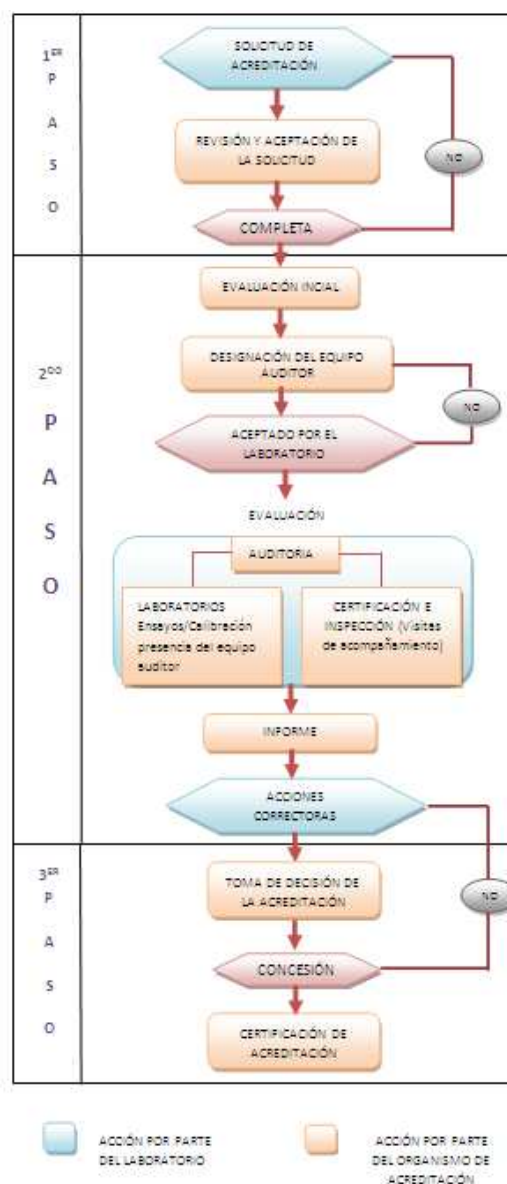
De manera general, el OAE decidirá sobre el otorgamiento de las acreditaciones a través de la Dirección General, luego de que la Comisión de Acreditación, el Comité Interno de acreditación o el Revisor Técnico recomiende técnicamente la decisión que considere apropiada. Para el otorgamiento de la acreditación, se debe tener la seguridad de que el laboratorio cumple los requisitos de acreditación y que los hallazgos detectados han sido cerrados satisfactoriamente.

#### **6. Certificado de Acreditación e inclusión en el registro de laboratorios acreditados**

Con la decisión favorable, y una vez que el laboratorio haya abonado los costos correspondientes al uso del símbolo de acreditación y emisión del certificado, el OAE emitirá un Certificado de Acreditación, firmado por la

Dirección General del OAE. En dicho Certificado se expresará específicamente por lo menos lo siguiente:

- ✓ Identidad y el logotipo del OAE;
- ✓ El nombre del laboratorio y el número de acreditación concedida;
- ✓ El alcance de la acreditación, o una referencia al mismo;
- ✓ La fecha de entrada en vigencia de la acreditación y referencia a su vigencia
- ✓ Declaración de la conformidad y una referencia a la(s) norma(s) u otros documentos normativos, incluida la edición o revisión, utilizados para la evaluación del laboratorio.



**Figura7.16:** Diagrama del procedimiento de acreditación

## **CAPÍTULO VIII**

### **8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **8.1.1 Conclusiones**

- Implementar un sistema de gestión de calidad, radica en el hecho de que sirve de plataforma para desarrollar al interior del laboratorio, una serie de actividades, procesos y procedimientos, encaminados a lograr que las características del servicio cumplan con los requisitos basados en norma, lo cual nos da mayores posibilidades de mejora.
- Con la aplicación de los requisitos de la Norma NTE INEN-ISO/IEC 17025 y de la Norma ISO 9001:2008; se permite identificar las oportunidades de mejora en los diferentes ensayos del laboratorio, considerando su correcta realización y describiendo las normas de calibración de sus equipos para su inmediata aplicación.
- Durante el proceso realizado frente a los requisitos exigidos por las normas se contemplan varias características como el nivel cultural y educativo de las personas que conforman el laboratorio por lo que se establecieron parámetros para la capacitación básica en el manejo de sistemas de calidad que faciliten sus metodologías de trabajo.
- La incorporación de los procedimientos de contingencia, mantenimiento y seguridad dan las directrices para evitar que en el laboratorio ocurran incidentes que influyan sobre la calidad de los ensayos y la validez de los resultados.
- La facilitación de los elementos y conocimientos apropiados que cumplen con la documentación preestablecida, dados en los registros presentados en este trabajo, permitirán llevar de manera efectiva y ordenada el control de los requerimientos para que cada jefe de laboratorio determine las actividades de calidad y los objetivos propuestos.
- El Laboratorio de Turbomaquinaria con el objetivo de lograr la Acreditación, consta con la totalidad de los documentos propuestos e implementados que le servirán de soporte para que sus resultados se den de forma eficiente y con calidad.



### 8.1.2 Recomendaciones

- Es necesario que se mantengan reuniones periódicas, con todos los miembros del laboratorio, con la finalidad de centrar los esfuerzos en la identificación de las causas de problemas o defectos en los ensayos, permitiendo la optimización de los instructivos y registros de trabajo que han sido expuestos por la Norma.
- Es muy importante la implementación de sistemas de gestión de calidad ya que no solamente garantiza que existan procedimientos que le permiten al laboratorio controlar los riesgos referentes a la seguridad y salud ocupacional, sino que también reduce potencialmente los tiempos improductivos y los costos asociados a esto.
- Se deben realizar mantenimientos preventivos en los equipos realizando un correcto seguimiento del plan de mantenimiento con el fin de prestar un servicio de calidad que cumplan con las expectativas de la institución.
- El compromiso de todo el personal que forma parte del laboratorio con el sistema de gestión de calidad, es de gran importancia para que se cumplan con los objetivos establecidos en el presente trabajo.
- El presente Manual es uno de los requisitos impuestos por la OAE, por lo que se recomienda que los requisitos restantes sean analizados e implementados para lograr la acreditación deseada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] <http://www.maquinadosstop.com/secciones/calidad.htm>
- [2] <http://sofi-phva.blogspot.com/>
- [3] <http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=2>
- [4] <http://www.Armfield - Educational Turbines - R15 & R16.mht>
- [5] [http://www.AXIAL Y KAPLAN\\_CAT\Armfield - Educational Turbines - R14, R17 & R18.mht](http://www.AXIAL Y KAPLAN_CAT\Armfield - Educational Turbines - R14, R17 & R18.mht)
- [6] <http://fain.uncoma.edu.ar/La.M.Hi/textos/Maquinas%20hidraulicas/BOMBAS.PDF>
- [7] **RIOFRÍO**, Pacífico. Turbomáquinas Hidraulicas
- [8] <http://massy-anlagenbau.com/act/MechanicsLab.pdf>
- [9] **HICKS**, Tyler B.M.E. Bombas, su selección y aplicación. México. Compañía editorial Continental, S.A. 1977. P.P. 95
- [10] **KING**, Horace Williams. Manual de hidráulica. México. Unión Tipográfica editorial hispano Americana. 1962. P.P. 170
- [11] **STREETER**, Víctor L. Mecánica de los fluidos. México. Libros Mc Graw-Hill. 1975. P.P. 285

## BIBLIOGRAFÍA

- ARMFIELD** Instruction manual For R2-00 Centrifugal Pump Test Rig. Ringwood, Hampshire. England. 1980.
- ARMFIELD** Instruction manual For Reciprocating Ram Pump Test Bench R1. Ringwood, Hampshire. England. 1980.
- ARMFIELD** Instruction Manual For R15 10 inch Laboratory Pelton Turbine. Ringwood, Hampshire. England. 1980.
- ARMFIELD** Instruction Manual For 6" Ns.36 Mk II Francis Turbine R16. Ringwood, Hampshire. England. 1980.
- CRANE.** Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías. Primera Edición. México. Editorial McGraw-Hill. 1988.
- CUADRADO**, Edwin. Mantenimiento Industrial. Primera edición. Riobamba. 2000.
- HARPER**, Gilberto. Elementos de Centrales Eléctricas. México. Editorial Limusa. 1982.
- KARASSIK**, Igor. Consultor de Bombas Centrifugas. Primera Edición. España. Editorial Continental S.A. 1970.
- INEN.** Código de Dibujo Técnico- Mecánico. Normalización 009. Quito - Ecuador. 1989.
- LARBURU A**, Nicolás. Maquinas Prontuario. Duodécima edición. Madrid Thomson Editores Spain Paraninfo S.A. 2001.
- MARTINEZ**, Oscar. Teoría y cálculo de Mantenimiento Industrial. Quito- Ecuador 1992.
- MATAIX**, Claudio. Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulica. Segunda edición. México Editorial Castillo. 1982.
- MCNAUGHTON J.** Kenneth: Bombas Selección. Uso y Mantenimiento. Primera edición. México. Editorial McGraw-Hill. 1988.
- MORROW**, L.C: Manual de Mantenimiento Industrial. Tomo I,II,III,IV,V,VI,VII. Novena edición. México. Editorial Continental S.A, 1985.
- OLADE.** Manual de Diseño. Estandarización de Equipos para pequeñas Centrales Hidroeléctricas. Primera edición. Quito – Ecuador. 1980.
- POLO ENCINAS**, Manuel: Turbomáquinas Hidráulicas. Segunda edición. México. Editorial Limusa. 1975.

**ROBB** Louis A: Engineers' Dictionary. Primera edición. México. Editorial Continental S.A. 1973.

**RODRIGUEZ MARTINEZ**, Calixto. Lubricación Industrial. Santiago de Cuba. 1979.

**SALVAT, S.A.** Mecánica Tomo 13. Ediciones pamplona. Madrid 1968.

**VIEJO ZUBICARAY**, Manuel: Bombas, Teoría, Diseño, Aplicaciones. Editorial Limusa. México 1983.

**ZOPPETTI**, Judez Gaudencio: Centrales Hidroeléctricas. Cuarta edición. Barcelona Editorial Gustavo Gill S.A. 1979.

**ZUBICARAY Y ALONSO**, Energía Hidroeléctrica Turbinas y Plantas Generadoras. Primera edición. México. Editorial Limusa. 1977.